



# ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



**Francisco Miguel Brito Soares**

## **Modelo de deriva IAMSAR**

Automatização do cálculo de deriva de objetos à superfície do mar a partir do método IAMSAR

**Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na especialidade de Marinha**



**Alfeite**

**2017**





# ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Francisco Miguel Brito Soares

## *Modelo de deriva IAMSAR*

*Automatização do cálculo de deriva de objetos à superfície do mar a partir do método  
IAMSAR*

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na  
especialidade de Marinha

Orientação de: 1TEN TSN-AMB Quaresma dos Santos

O Aluno Mestrando

O Orientador

---

(ASPOF Brito Soares)

---

(1TEN Quaresma dos Santos)

Alfeite  
2017





## EPÍGRAFE

*Before everything else, getting ready is the secret of success<sup>1</sup>.*

Henry Ford

---

<sup>1</sup> “Antes de mais nada, estar preparado é a chave para o sucesso”



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família pela eterna confiança e segurança demonstrada; à minha namorada pelo amor e dedicação e a todos os oficiais e civis que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação e consequentemente para a realização desta dissertação de mestrado, pois qualquer realização humana, mesmo que individual, é sempre o resultado de um conjunto diversificado de contextos, de instituições e, especialmente de pessoas. Seguidamente, gostaria de agradecer, ao meu orientador 1TEN Quaresma dos Santos, pelo incentivo e apoio prestado durante a realização da presente dissertação.

Saliento os meus sinceros agradecimentos ao comando do N.R.P *ALM Gago Coutinho* que, no decorrer do meu estágio de embarque, me proporcionou todo o apoio e oportunidades necessárias à realização deste trabalho. Aproveito para agradecer todos os ensinamentos que recebi a bordo deste navio e deixo o desejo de encontrar, no futuro, guarnições como esta que, mesmo nas mais fortes tempestades, com todo o seu empenho e dedicação, honram a Armada e a pátria.

Além dos já referidos a cima, agradeço aos seguintes oficiais: CFR Santos Fernandes, 1TEN Pendão Cachinho, 1TEN Meixedo Venâncio, 1TEN Santos Melo, 2TEN Caroço Fernandes, 2TEN Nascimento Góis e 2TEN Martins Dias. Estes, pela sua perseverança, encorajamento e disponibilidade, permitiram a realização deste trabalho.

Dedico o último agradecimento ao meu curso de entrada Curso Contra-Almirante Almeida Henriques e, ao meu atual curso, D. Maria II. Foram estas minhas duas famílias que me acompanharam nos últimos seis anos e não tenho dúvidas que me acompanharão para o resto da minha vida. Por isto e por todo o apoio e camaradagem ao longo destes anos, agradeço de coração cheio, a todos.



## RESUMO

Portugal, país com um dos maiores espaços marítimos do mundo, está sujeito ao elevado risco inerente ao intenso tráfego marítimo que nas suas águas navega. A Marinha Portuguesa é responsável pela salvaguarda da vida humana no mar, e por isso tem por missão garantir a eficiência nos processos e na gestão de recursos. Nesse âmbito, foi desenvolvida uma ferramenta que automatiza o processo de cálculo da deriva do manual de busca e salvamento da IMO (*International Maritime Organization*), o IAMSAR.

Quando é recebido um alerta no MRCC (*Maritime Rescue Control Centre*) de um incidente no mar, o planeamento de busca é iniciado com a determinação de um *datum* (localização mais provável do objeto da busca após determinado período de tempo). Atualmente, o MRCC Lisboa, solicita o cálculo da deriva ao IH e, por forma a colmatar esta dependência, a ferramenta “IAMSAR Drift” foi desenvolvida de modo a dar autonomia ao SMC (*Search and rescue Mission Co-ordinator*) e permitir assim que seja despendido menos tempo neste processo – garantindo, assim, a componente operacional desta ferramenta.

A atual ferramenta de cálculo de derivas utilizado no IH carece de alguns ajustes; no entanto, a sua base não permite que o código seja alterado, impossibilitando assim a evolução da ferramenta. A ferramenta desenvolvida no âmbito desta dissertação de mestrado irá permitir que, com as necessidades detetadas no dia-a-dia, sejam introduzidos ajustes, quer no modo de representação dos dados, como no próprio cálculo de deriva. É ainda de salientar que a ferramenta “IAMSAR Drift”, para os casos estudados, além das vantagens mencionadas, conferiu maior rigor no cálculo de *datums*.

Pretende-se, com esta dissertação, melhorar o processo de cálculo de deriva, garantindo maior autonomia aos SMC e, conseqüentemente, concedendo-lhe mais tempo para a tomada de decisão, pois cada minuto é crucial quando o assunto se trata da salvaguarda da vida humana no mar.

**Palavras-chave:** salvaguarda da vida humana no mar, cálculo da deriva, método IAMSAR, SAR, MRCC



# ABSTRACT

Portugal, country with one of the largest maritime areas in the world, has a high risk of sea incidents, inherent from the intense maritime traffic in his jurisdiction.

The Portuguese Navy is the most responsible organization for the safety of life at sea in Portugal, and one of their main focus nowadays is the improvement on the efficient management of resources and processes. In this context, a tool was developed so an existent drift manual process as the IMO (International Maritime Organization), IAMSAR method, could be automatized.

After MRCC (Maritime Rescue Control Centre) receives an alert of an incident at sea, the search planning process starts with the determination of the *datum* (most likely location of the search object for the corrected drift). Presently, MRCC Lisbon, requests IH (*Instituto Hidrográfico*) the drift motion prediction. This tool was developed in order to MRCC close the dependency to other entities for SAR information, this allows SMC (Search and rescue Mission Co-ordinator) to spend less time with this process, ensuring the operational component of this tool.

Present IH tool for drift motion prediction needs some adjustments, on other way, it's bases doesn't allow the code to be changed, so the improvement of this tool isn't possible. The tool developed in the scope of this master's thesis will allow that the nowadays problems shape the tool as it needs, like changing the way data is shown, or even the drift calculation parameters. Beside the advantages already mentioned, for the studied cases, "IAMSAR Drift" had less error between the drift and the real position.

With this project, it is intended to improve the drift motion calculation process, ensuring more autonomy to the SMC, consequently, giving him more time for decision making on other tasks during SAR operations, since each minute is crucial when it comes to safety of life at sea.

**Keywords:** safety of life at sea, drift calculation, IAMSAR method, SAR, MRCC





# ÍNDICE

EPÍGRAFE .....	V
AGRADECIMENTOS .....	VII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT .....	XI
LISTA DE FIGURAS E TABELAS .....	XV
LISTA DE EQUAÇÕES E FÓRMULAS.....	XIX
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS.....	XXI
INTRODUÇÃO .....	1
1. CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA .....	8
1.1. ANTECEDENTES E NECESSIDADES.....	8
1.2. ORIGEM DA “SOLAS” E DO “SNBSM” .....	12
1.3. CORRENTES MARÍTIMAS .....	16
1.4. CONCEITOS DE DERIVA – DRIFT.....	20
1.5. DOCTRINA SAR.....	25
1.6. OUTROS SOFTWARES .....	28
1.7. FERRAMENTA “OVERSEE”.....	32
1.7.1. CAPACIDADES E VALÊNCIAS.....	33
1.7.2. DERIVA NO OVERSEE.....	35
1.8. TRIGONOMETRIA E GEOMETRIA ANALÍTICA.....	36
1.9. PRÉMIO H.E.R.O. ATRIBUÍDO AO SERVIÇO DE BUSCA E SALVAMENTO.....	40
2. CAPÍTULO 2 – MODELO DE CÁLCULO DA DERIVA.....	43
2.1. REQUISITOS DE UM SOFTWARE DE CÁLCULO DE DERIVA.....	44
2.2. O PROCESSO DE CÁLCULO .....	44
2.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO “IAMSAR” .....	45
2.4. PROGRAMA “IAMSAR DRIFT”.....	59
2.4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROGRAMA “IAMSAR DRIFT” .....	60
2.4.2. INTERFACE GRÁFICA .....	62

2.4.3.	O CÁLCULO DA DERIVA .....	66
2.4.4.	MELHORIAS AO “IAMSAR DRIFT” .....	69
<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO 3 – ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO “IAMSAR DRIFT” .....</b>	<b>71</b>
3.1.	RESOLUÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO.....	72
3.2.	COMPARAÇÃO COM O “DERIVA IH” .....	77
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>96</b>

# LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Densidade Populacional.....	1
Figura 2 – Área de responsabilidade SAR.....	4
Figura 3 - Evolução da trajetória do Prestige .....	9
Figura 4 – Modelo HOPS .....	11
Figura 5 – Trajetória obtida através dos sistemas derivantes .....	12
Figura 6 - Organograma do Serviço Busca e Salvamento Marítimo (SBSM) .....	15
Figura 7 - Principais correntes oceânicas .....	17
Figura 8 - Espiral de Ekman.....	18
Figura 9 - Pressão Hidrostática sobre a superfície do corpo .....	22
Figura 10 - Esquema do cálculo da deriva .....	25
Figura 11 - Atuação dos vetores das forças num objeto à deriva.....	28
Figura 12 - Software SAROPS.....	30
Figura 13 – Software SARMASTER .....	31
Figura 14 – Software SARMAP.....	32
Figura 15 - Interface para o cálculo da deriva Overseer.....	35
Figura 16 - Vencedores do Prémio H.E.R.O. ....	41
Figura 17 - Etapa A do método IAMSAR (Folha de cálculo com a informação inicial)46	
Figura 18 - Etapa B do método IAMSAR.....	47
Figura 19 - Exemplos de ferramentas de cálculo de distâncias.....	47
Figura 20 - Etapa C do método IAMSAR (Folha de cálculo C-A) .....	48

Figura 21 - Etapa C do método IAMSAR (Folha de cálculo C-A-1).....	50
Figura 22 - Etapa D (Folha de Cálculo da corrente marítima) .....	51
Figura 23 – Etapa D (folha de cálculo TWC Worksheet) .....	52
Figura 24 – Etapa D (Wind Current Worksheet).....	53
Figura 25 - Etapa E - Leeway .....	55
Figura 26 –Etapa E (Leeway Worksheet).....	55
Figura 27 – Etapa F (Total surface drift).....	56
Figura 28 –Etapa G (Datum positions and divergense distance).....	57
Figura 29 - Etapa H (Total Probable Error of Position and Separation Ration).....	57
Figura 30 - Etapa H (Total Probable Error of Position) .....	58
Figura 31 – Ambiente gráfico do software “IAMSAR DRIFT” .....	63
Figura 32 – Funcionalidades do software “IAMSAR DRIFT” .....	64
Figura 33 –Painel do “IAMSAR DRIFT” .....	65
Figura 34 –Fluxograma do funcionamento do “IAMSAR DRIFT”: primeiras ações....	66
Figura 35 – Fluxograma do funcionamento do “IAMSAR DRIFT”: segundas ações ...	67
Figura 36 – Regra do Paralelogramo .....	68
Figura 37 – Caso 075/16 no mapa .....	72
Figura 38 – Caso 075/16 no software “IAMSAR DRIFT” .....	73
Figura 39 – Caso 019/17 no software “IAMSAR DRIFT” .....	73
Figura 40 - Caso 019/17 no mapa.....	74
Figura 41 – Caso 024/17 no mapa .....	75
Figura 42 – Caso 024/17 no software “IAMSAR DRIFT” .....	76

Figura 43 - Interface "Deriva IH" .....	78
Figura 44 - Produto do "Deriva IH" .....	78
Tabela 1 - Objetivos do Oversee .....	35





# LISTA DE EQUAÇÕES E FÓRMULAS

Equação 1 - Lei de Arquimedes .....	22
Equação 2 - Deslocamento .....	23
Equação 3 - Teorema de Pitágoras .....	36
Equação 4 - Primeira Razão trigonométrica.....	36
Equação 5 - Segunda Razão trigonométrica.....	37
Equação 6 - Fórmula do cálculo da distância .....	37
Equação 7 - Fórmula do cálculo do rumo.....	37
Equação 8 - Lei dos Cossenos .....	38
Equação 9 - Primeira Fórmula Fundamental da Trigonometria Esférica.....	38
Equação 10 - Segunda Fórmula Fundamental da Trigonometria Esférica.....	38
Equação 11 - Terceira Fórmula Fundamental da Trigonometria Esférica .....	38
Equação 12 - Fórmula do cálculo da distância de duas coordenadas conhecidas .....	38
Equação 13 - Fórmula do rumo ao ponto final.....	39
Equação 14 - Fórmula do cálculo do raio da Terra .....	39
Equação 15 - Fórmula do Cálculo da Deriva .....	43
Equação 16 – Regra do Paralelogramo .....	68
Equação 17 – Diferença angular entre vetores .....	68
Equação 18 – Soma de Vetores, em direção .....	68
Equação 19 – Soma de Vetores, em magnitude .....	68



# LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AMVER - Automated Mutual-Assistance Vessel Rescue System

ASW – Average Surface Wind

ASWe – Average Surface Wind Error

ASWDVe – Average Surface Wind Drift Velocity Error

BSM – Busca e Salvamento Marítimo

CEMA – Chefe do Estado-Maior da Armada

CITAN – Centro Integrado de Treino e Avaliação Naval

CN – Comando Naval

COMAR - Centro de Operações da Marinha

COMNAV – Comando Naval

DATUM – Posição de deriva

DL – Decreto-Lei

DNP - Dispositivo Naval Padrão

ESA – European Space Agency

FNMOC - The Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center

GDH – Grupo Data Hora

GMDSS - Global Maritime Distress and Safety System

GRIB - GRIdded Binary

GUI – Graphical User Interface

HOPS - Harvard Ocean Prediction System

IAMSAR – International Aeronautical and Maritime Search And Rescue Manual

ICAO - International Civil Aviation Organization

IH – Instituto Hidrográfico

IMO - International Maritime Organization

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LKP – Last Known Position

MARPOL – International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

METOC – METeorológicas e Oceânicas

MOB – Man Over Board (Homem ao Mar)

MOCASSIM - Modelos Oceanográficos de ASSIMilação de dados

MP – Marinha Portuguesa

MRCC - Maritime Rescue Coordination Centre

MRSC – Maritime Rescue Coordination Sub-centre

NM – Nautical Miles (Milhas Náuticas)

PAMMELA2 – Previsão da agitação marítima junto à costa: modelos espectrais e assimilação de dados.

POC – Probability Of Containment

POD – Probability Of Detection

PIW – Person In Water

POS – Probability Of Success

RCC - Rescue Coordination Centre

SAR – Search And Rescue

SAD – Sistema de Apoio à Decisão

SC – Sea Current

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SMC - Search and rescue Mission Co-ordinator

SNBSM – Serviço Nacional para a Busca e Salvamento Marítimo

SOLAS – Safety Of Life At Sea

SRR – Search and Rescue Region

SRU – Search and Rescue Unit

STCW – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers

SWAN - Simulating Waves Nearshore

TC – Tidal Current

WC – Wind Current

ZEE – Zona Económica Exclusiva



# INTRODUÇÃO

O Oceano marca o desenvolvimento de Portugal desde o seu início, com as trocas comerciais, culturais e científicas.

Cerca de 76% da população portuguesa reside, atualmente, nas áreas juntas ao litoral (figura 1): a faixa costeira portuguesa tem aproximadamente 1.860 Km, sendo que 943 Km é pertencente ao território de Portugal Continental, 667 Km ao arquipélago dos Açores e 250 Km ao arquipélago da Madeira (R.Q., 2014). Na Figura 1 é possível observar que as zonas juntas ao litoral têm uma maior concentração de habitantes por Km<sup>2</sup>.

Em 2009 foi submetida às Nações Unidas uma proposta de alargamento da ZEE (Zona Económica Exclusiva) que, a ser aprovada, trará para Portugal benefícios em termos de exploração de energia, recursos minerais, biodiversidade e investigação científica.

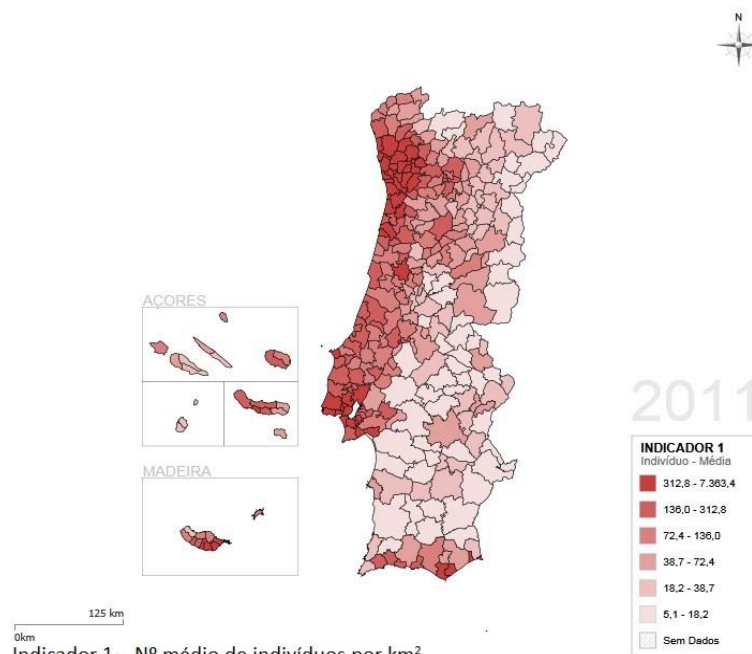


Figura 1 - Densidade Populacional<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fonte: PORDATA (s.d.) in  
[<http://www.pordata.pt/Municipios/Densidade+populacional+segundo+os+Censos-591>]



O Oceano é uma componente decisiva e relevante na História, Geografia e Política de Portugal, conferindo-lhe uma posição geoestratégica bastante importante nas relações internacionais. A vocação de Portugal para o mar garante-lhe uma identidade no quadro europeu e internacional, enquanto uma “nação oceânica”. Esta posição geoestratégica tem impactos diretos em áreas da Defesa e Economia.

Este trabalho foi realizado no âmbito da previsão operacional do Instituto Hidrográfico que se enquadra na oceanografia operacional, sendo esta a atividade sistemática de observação e de modelação dos parâmetros do mar e da atmosfera (Martinho, 2015). A oceanografia operacional inclui a interpretação e disseminação das observações e dos resultados dos modelos, em tempo. A previsão operacional, segundo Martinho (2015), tem como objetivo auxiliar as atividades portuárias, de pesca, aquicultura, navegação comercial e de recreio, turismo, gestão dos espaços costeiros, operações militares, assim como para operações de busca e salvamento e mitigação de derrames de hidrocarbonetos e contribuir para estudos de alterações climáticas.

Os extensos espaços marítimos nacionais estão diretamente relacionados com as áreas das regiões de busca e salvamento (SRR - *Search and Rescue Regions*), o que representa, no caso de Portugal, uma área com cerca de 62 vezes o território terrestre português. Toda esta área necessita de ter métodos e meios que estejam operacionais e consigam responder num curto espaço tempo e com a maior eficácia possível. Esta área é uma das maiores do mundo, estabelecendo fronteira com as áreas de Espanha, Marrocos, Cabo Verde, França, Reino Unido, Canadá e Estados Unidos da América (Marinha, s.d.).

De acordo com as exigências da convenção SOLAS (*Safety of Life at Sea*), a salvaguarda da vida humana no mar constitui uma das obrigações de qualquer Estado ribeirinho e este deve assegurar respostas adequadas e expeditas. Em Portugal, segundo Santos (2016), é a função de segurança e autoridade do Estado que engloba as tarefas de segurança marítima e salvaguarda da vida humana no mar, de vigilância, fiscalização, policiamento, e no quadro de ações de proteção civil.

Existindo uma vasta experiência por parte da Marinha Portuguesa (MP) na atividade da busca e salvamento marítimo e, sendo esta produto de um desenvolvimento

contínuo, tem-se identificado que é uma área que merece especial atenção e que pode sempre ser complementada com desenvolvimento tecnológico.

O Serviço Nacional para a Busca e Salvamento Marítimo (SNBSM) funciona no âmbito da Marinha que é responsável pelas ações de busca e salvamento marítimo relativas a acidentes ocorridos nas águas interiores sob jurisdição marítima e nos espaços marítimos das regiões de busca e salvamento nacionais (Marinha, s.d.).

Segundo a Marinha Portuguesa (s.d.), as ações de busca e salvamento marítimo são conduzidas nas SRR de Lisboa e de Santa Maria (Figura 2), dispondo para o efeito de dois Centros de Coordenação de Busca e Salvamento Marítimo (MRCC – *Maritime Rescue Coordination Center*) respetivamente o MRCC Lisboa e o MRCC Delgada.

Na SRR Lisboa, na dependência do MRCC Lisboa, funciona o Subcentro de Busca e Salvamento Marítimo do Funchal (MRSC – *Maritime Rescue Coordination Sub-Center*), MRSC Funchal, que assegura a coordenação das operações de busca e salvamento marítimo no seu subsetor (Marinha, s.d.).

Desde janeiro de 2002 foram contabilizadas mais de 11000 ações de busca e salvamento marítimo, 60% das quais na SRR de Lisboa e as restantes na SRR de Santa Maria (figura 2). Decorrente destas ações, foram salvas mais de 8000 pessoas (a que corresponde uma taxa de eficácia do serviço superior a 96%), com base numa fórmula adotada internacionalmente. (Marinha, s.d.).

Dos meios disponíveis para o serviço de busca e salvamento marítimo destacam-se os navios de guerra - normalmente atribuídos ao Dispositivo Naval Padrão (DNP) - que assegura, em permanência, o exercício da autoridade do Estado nos espaços sob soberania e jurisdição nacional, bem como os de investigação científica e equipas de mergulhadores sapadores embarcados a bordo das unidades navais.

Neste contexto, o país promove a procura de soluções que potenciem as capacidades do seu sistema SAR (*Search And Rescue*) de forma a garantir um eficaz e expedito socorro na sua área de responsabilidade. Assim sendo, esta dissertação tem como objetivo a automatização, análise e validação do modelo de cálculo de deriva baseado na formulação adotada pelo manual de busca e salvamento, IAMSAR.

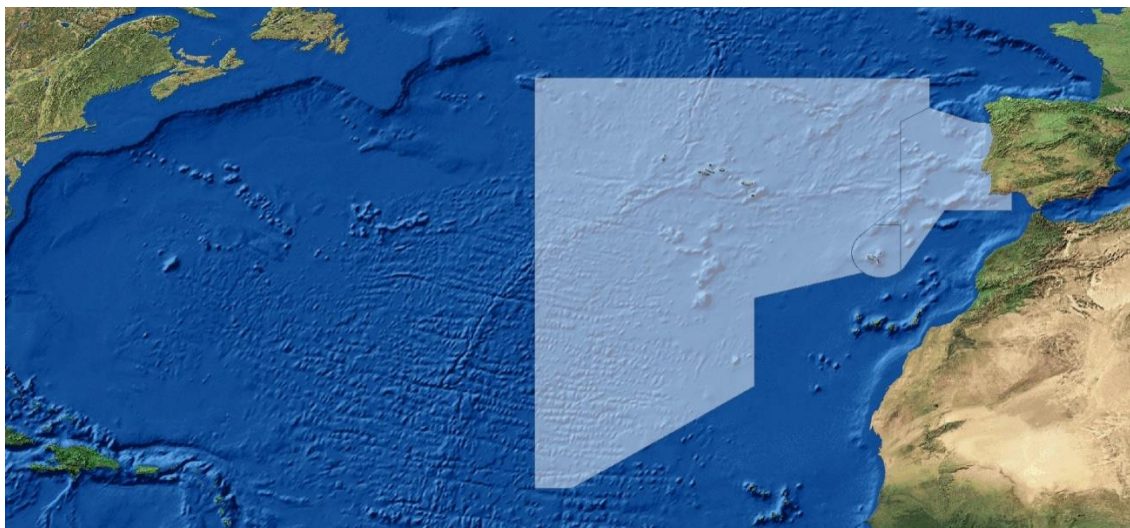


Figura 2 – Área de responsabilidade SAR<sup>3</sup>

Esta dissertação tem como principais objetivos o desenvolvimento, análise e validação de uma ferramenta desenvolvida em MATLAB e fundamentada no modelo de cálculo de deriva do IAMSAR, bem como explicar a sua importância e comparar os dados resultantes do modelo com os dados reais por forma a validar o mesmo. Esta ferramenta permite que, com os dados meteorológicos e uma posição inicial, se obtenha uma nova posição para o objeto derivante.

Assim, proponho-me com este trabalho a:

1. Analisar o método IAMSAR para o cálculo da deriva;
2. Conceptualizar e desenvolver uma ferramenta que, com base no método IAMSAR, permita calcular a posição geográfica de um objeto que se encontre a derivar no mar ao longo de um determinado período de tempo;
3. Validar os resultados obtidos através da ferramenta “IAMSAR Drift”, aplicando-a em casos reais passados, aferindo deste modo o rigor do cálculo;
4. Identificar falhas e apresentar propostas de melhoramento da ferramenta.

Objetivos secundários:

1. Investigar os *softwares* de cálculo de deriva mais relevantes existentes;

---

<sup>3</sup> Fonte: MARINHA (s.d.). in [<http://www.marinha.pt/pt-pt/marinha/busca-e-salvamento/Paginas/default.aspx>]

2. Formular a ferramenta de modo a que o MRCC não dependa do IH para a obtenção da deriva;
3. Elaborar um guia de utilização da ferramenta “IAMSAR Drift”;
4. Identificar vantagens em relação ao atual programa de cálculo de deriva.

Nesta dissertação de mestrado, pretende-se responder às seguintes questões orientadoras:

1. Será possível aplicar a ferramenta desenvolvida em casos reais de deriva?
2. Será o grau de confiança da previsão de *datums* suficientemente elevado para empregar de imediato todos os meios necessários nas ações de busca e salvamento marítimo?
3. Quais as vantagens da automatização do método IAMSAR?
4. A diferença de tempo entre a resolução através da ferramenta “IAMSAR Drift” é significativa quando comparada com a resolução manual do mesmo?

Estas foram algumas questões que guiaram a elaboração do presente trabalho, e, ao longo deste, pretende-se que as questões aqui apresentadas sejam respondidas e compreendidas com a própria leitura.



# CAPÍTULO 1

## **REVISÃO DA LITERATURA**

1.1. ANTECEDENTES E NECESSIDADES

1.2. ORIGEM DA “SOLAS” E DO “SNBSM”

1.3. CORRENTES MARÍTIMAS

1.4. CONCEITOS DE DERIVA – DRIFT

1.5. DOCTRINA SAR

1.6. OUTROS *SOFTWARES*

1.7. FERRAMENTA “OVERSEE”

1.7.1. CAPACIDADES E VALÊNCIAS

1.7.2. DERIVA NO “OVERSEE”

1.8. TRIGONOMETRIA E GEOMETRIA ANALÍTICA

1.9. PRÊMIO H.E.R.O. ATRIBUÍDO AO SERVIÇO DE BUSCA E SALVAMENTO

# 1. CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA

## 1.1. ANTECEDENTES E NECESSIDADES

Todo o desenvolvimento tecnológico na área da busca e salvamento advém de acontecimentos passados com consequências de grande impacto na sociedade e nos ecossistemas. O objetivo do desenvolvimento nesta área é diminuir as possíveis consequências em acontecimentos futuros: nesse sentido, é relevante enunciar alguns casos que levaram a que as organizações responsáveis pela busca e salvamento marítimo se empenhassem em criar ferramentas que possibilitassem evitar que alguns desses casos se voltassem a repetir.

### *Prestige*

Numa quarta-feira, dia 13 de novembro de 2002, o navio petroleiro de casco simples com o comprimento de 243m – *Prestige* -, encontrava-se à deriva ao largo da Galiza (Espanha) sob efeitos de uma forte tempestade. Construído em 1976 e com bandeira de conveniência das Bahamas no seu interior, este navio transportava 77 mil toneladas de crude (Infopédia, 2003).

Segundo a Euronews (2013), às 1515Z, após ser detetado um rombo de aproximadamente 35 metros no casco um dos tanques, é emitido um pedido de SOS. Chegado o socorro, o comandante do navio e o chefe de máquinas recusaram-se a abandonar o navio. Os restantes 27 tripulantes, maioritariamente filipinos, foram transportados para terra.

As autoridades marítimas espanholas ofereceram-se para rebocar o navio até à costa por forma a efetuarem reparações no casco. No entanto, o comandante do *Prestige* recusou ser rebocado com o objetivo de averiguar as intenções do proprietário do navio. A 14 de novembro, o rebocador *Ria de Vigo* conseguiu chegar ao petroleiro, que se encontrava a menos de 2 NM do Cabo Finisterra. O governo espanhol, devido ao risco de rutura no tanque e consequente derrame de petróleo na costa da Galiza, decidiu manter o navio ao largo da costa (Euronews, 2013).

Durante cinco dias, o navio permaneceu à deriva no Oceano Atlântico deixando no seu percurso uma mancha de hidrocarbonetos (Figura 3). A 19 de novembro, uma semana



após o pedido de socorro, o *Prestige* partiu-se em dois e naufragou a cerca de 135 NM do Cabo Finisterra com mais de 60.000 toneladas de crude. A mais de 3.600 metros de profundidade, o *Prestige* continuou a derramar combustível até agosto de 2003 (Euronews, 2013).

Apenas um dia após o naufrágio do petroleiro, a maré negra chegou às costas da Galiza, ao norte de Portugal e sudoeste de França, e milhares de voluntários acorreram às praias para tentarem remover o crude que chegou a costa.

A chamada maré negra - consequência do derrame de petróleo proveniente do *Prestige* - foi considerada, segundo a Euronews (2013), o pior desastre ambiental de Espanha.

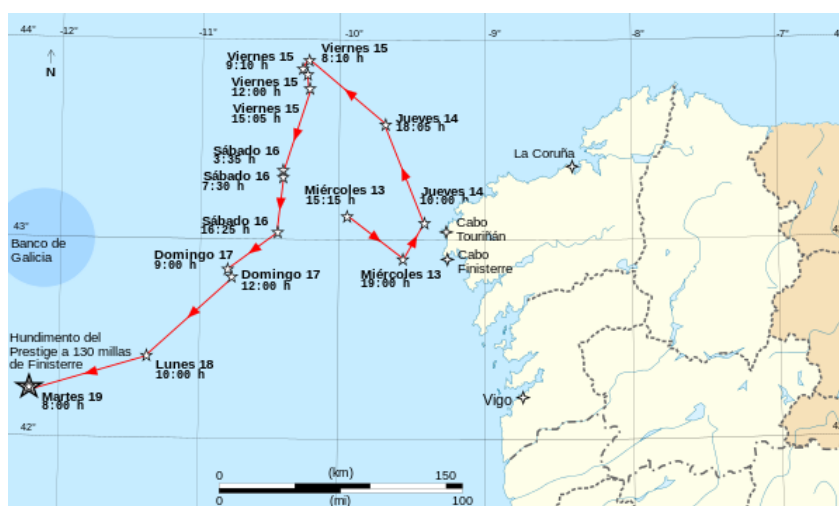


Figura 3 - Evolução da trajetória do Prestige<sup>4</sup>

### ***Prestige* e o IH**

Um dia após o *Prestige* fazer o pedido de socorro, o Instituto Hidrográfico (IH) iniciou o acompanhamento do incidente executando a primeira previsão de deriva dos derrames de hidrocarbonetos assinalados pelos meios de vigilância espanhóis. Seis dias após o pedido de socorro, foi acionada no IH uma estrutura operacional destinada a assegurar a aquisição, processamento, produção e disseminação de informação técnico-científica relevante (Instituto Hidrográfico [IH], s.d.).

<sup>4</sup> Fonte: [[http://praza.gal/scene/uploads/\\$fotos/foto/5698e8590c544-800px-percorrido\\_prestige.svg.png?options=resize%2C700%2C600%2C%2C](http://praza.gal/scene/uploads/$fotos/foto/5698e8590c544-800px-percorrido_prestige.svg.png?options=resize%2C700%2C600%2C%2C)]

Por forma a auxiliar na atenuação das consequências deste incidente, o IH utilizou um modelo de cálculo de deriva desenvolvido na Divisão de Oceanografia, que permitiu prever as trajetórias das manchas de hidrocarbonetos expelidas pelo *Prestige*. O modelo utilizado considerava, basicamente, a ação do vento sobre os objetos à superfície da água e a influência da agitação marítima (IH, s.d.).

A validação dos resultados do modelo de previsão da deriva consistiu no lançamento de quatro sistemas flutuantes com sistema de posicionamento satélite num local próximo do afundamento, por helicóptero e por navio. Os sistemas flutuantes revelaram-se bastante úteis, tendo esta metodologia sido seguida pelos organismos franceses e espanhóis encarregados de acompanhar a situação do *Prestige*.

No sentido de prever a trajetória dos hidrocarbonetos, foram utilizados dois modelos desenvolvidos na Divisão de Oceanografia, por forma a corrigir alguns fenómenos costeiros. Estes dois modelos (figura 4) foram desenvolvidos no âmbito dos projetos científicos *MOCASSIM* e *PAMMELA2* (IH, s.d.).

Um dos modelos, é o modelo de circulação HOPS (*Harvard Ocean Prediction System*), que efetua a previsão de correntes à superfície e também em profundidade (Robinson, 1999). O outro modelo, SWAN (*Simulating WAves Nearshore*), permite estimar algumas características de rebentação, incluindo os fenómenos resultantes das interações entre ondas, a dissipação, a difração, entre outras (The SWAN team, s.d.).

Os dados utilizados para o forçamento meteorológico aplicado aos dois modelos a cima enunciados, foram os provenientes da Marinha dos Estados Unidos da América (FNMOC) e de centros europeus de meteorologia. O modelo HOPS recebeu informação meteorológica proveniente do modelo francês de alta resolução – ALADIN -, fornecido pelo Instituto de Meteorologia, atual Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) (IH, s.d.a).

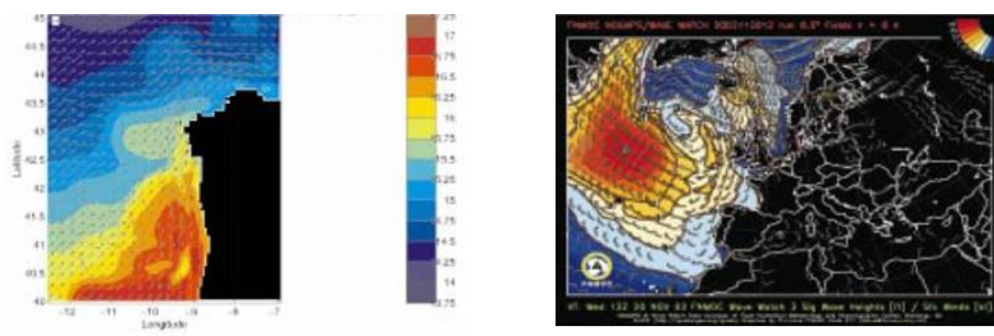


Figura 4 – Modelo HOPS<sup>5</sup>

A análise, processamento, apresentação e armazenamento da informação obtida pela estrutura operacional acionada no IH (responsável pelo acompanhamento do incidente), foram integrados em Sistemas de Informação Geográfico (SIG). Muita da informação considerada nos SIG teve origem na deteção e localização dos vestígios de derrame obtidos através de voos efetuados pelas aeronaves da Força Aérea e pelos relatos dos navios da Marinha nos sistemas derivantes já referidos, através das posições por estes transmitida e disponibilizada pela ESA (*European Space Agency*) e na previsão de deriva das manchas de hidrocarbonetos calculada a partir dos modelos já enunciados (IH, s.d.).

O SIG utilizado para integrar toda a informação obtida foi o ArcGIS 8 do fabricante ESRI que, de um modo flexível e esclarecedor, permite efetuar a análise e representação dos pontos de situação por períodos.

Diariamente, foram produzidos relatórios, mapas e imagens (figura 5) com base nas análises realizadas no ArcGIS 8: estes produtos foram utilizados em conferências de imprensa e disponibilizados para a comunicação social e centros de atividade científica nacionais e estrangeiros (IH, s.d.).

<sup>5</sup> Fonte: Instituto Hidrográfico (s.d.). *Prestige* in [<http://www.hidrografico.pt/prestige.php>]

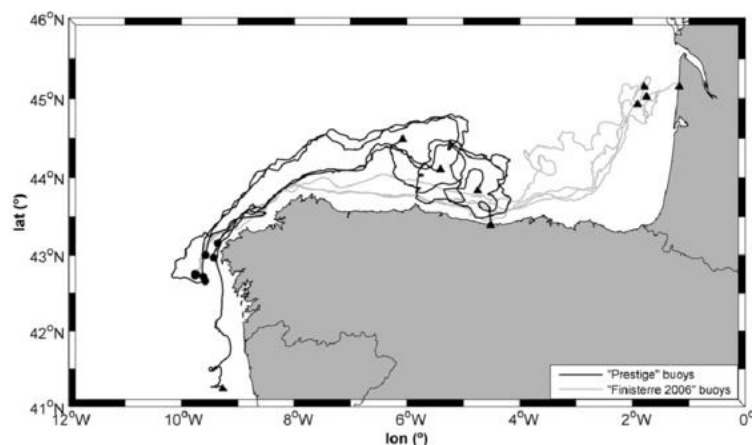


Figura 5 – Trajetória obtida através dos sistemas derivantes

## 1.2. ORIGEM DA “SOLAS” E DO “SNBSM”

Desde os primórdios da navegação que existem registos de incidentes no mar: muitas vidas se perderam no mar desde então, mas, sem dúvida, o desastre ocorrido a 14 de abril de 1912, resultante da colisão do *Titanic* com um iceberg, foi o que teve maior impacto na nossa história, traduzindo-se numa enorme intervenção por parte das nações marítimas internacionais - com o objetivo de adotar medidas que contribuíssem para a salvaguarda da vida humana no mar.

O desastre ocorrido com o *Titanic* levou a que a comunidade internacional procurasse de imediato respostas que contribuíssem para evitar que acidentes semelhantes se voltassem a repetir. Neste sentido, em janeiro de 1914, a convite do governo britânico, foi realizada a primeira conferência internacional sobre a salvaguarda da vida humana no mar (*International Maritime Organization* [IMO], s.d.).

Esta conferência resultou na primeira Convenção Internacional no âmbito marítimo: a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (também conhecida por “Convenção SOLAS” (*Safety Of Life At Sea*)). Esta terá sido uma das convenções que mais influenciaram, desde 1948, a Organização Marítima Internacional (IMO, s.d. a).

A primeira Convenção SOLAS foi assinada a 20 de janeiro de 1914, com vista à sua entrada em vigor em julho de 1915. Contudo, com o despoletar da primeira Grande Guerra na Europa, só entrou em vigor mais tarde. Após a primeira convenção, existiram

quatro outras convenções SOLAS: a segunda foi adotada em 1929 e entrou em vigor em 1933; a terceira foi adotada em 1948 e entrou em vigor em 1952; a quarta foi adotada em 1960 - já sob demanda da IMO - e entrou em vigor em 1965; e a última versão foi adotada em 1974 e entrou em vigor em 1980 (ICS Class, 2012).

A quarta versão, adotada em 1960, foi a primeira grande tarefa para a IMO desde a criação da Organização e esta representou um grande passo na modernização de regras e no acompanhamento dos desenvolvimentos técnicos na indústria do transporte marítimo: a intenção seria manter a Convenção atualizada através de emendas efetuadas com regularidade; mas, na prática, revelou-se que tal procedimento era muito moroso. Tornou-se relevante a impossibilidade de assegurar a entrada em vigor de emendas num período de tempo razoável: como resposta a esta dificuldade, segundo a ICS Class (2012), foi adotada, em 1974, uma Convenção completamente nova que incluiu, não apenas as emendas acordadas até àquela data, mas também um novo procedimento de emenda – o procedimento de aceitação tácita – destinado a garantir a efetivação das alterações num período de tempo específico, preferencialmente mais curto.

Esta convenção internacional constitui um dos três pilares mais importantes dos instrumentos internacionais que regulam as questões relacionadas com a segurança marítima e a prevenção da poluição, sendo os outros dois a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) e a Convenção Internacional sobre Normas de Formação, de Certificação e de Serviço de Quartos para os Marítimos (Convenção STCW), sendo a convenção mais relevante no âmbito do transporte marítimo (Transporte Marítimo, 2016).

O desenvolvimento de novas tecnologias nas radiocomunicações deu condições à IMO e à União Internacional das Telecomunicações para a conceção do novo sistema de telecomunicações que permite, onde quer que o navio se encontre, enviar e receber pedidos de socorro. Este novo sistema, designado por Sistema Mundial de Socorro e Segurança Marítima (GMDSS - *Global Maritime Distress and Safety System*), foi adotado numa conferência internacional em 1988 e entrou totalmente em funcionamento a 1 de fevereiro de 1999.

Considerando a importância do GMDSS para a segurança da vida humana no mar, o Estado Português decidiu estender o sistema às embarcações nacionais. Neste sentido, foi aprovado o Decreto-Lei n.º 174/94 de 25 de junho e foi ainda aprovado, no âmbito do sistema GMDSS, o Decreto-Lei n.º 145/95 de 14 de junho, que procedeu à regulamentação das regras constantes nas emendas adotadas em 1988, à clarificação da interpretação de algumas delas e à definição das dispensas e equivalências previstas na convenção SOLAS.

De modo a dar cumprimento à obrigação constante da alínea b) do artigo 1.º da SOLAS, que refere “os Governos Contratantes comprometem-se a promulgar todas as leis, decretos, ordens e regulamentos e a tomar todas as outras medidas que possam ser necessárias para dar pleno e completo efeito à Convenção”, o Governo Português aprovou o Decreto-Lei n.º 106/2004 de 8 de maio, o qual regulamenta a aplicação da SOLAS no ordenamento jurídico nacional.

Além da convenção SOLAS, existiram ainda outras convenções relacionadas com a salvaguarda da vida humana no mar, entre elas a Convenção Internacional sobre a Busca e Salvamento Marítimo, de 1979.

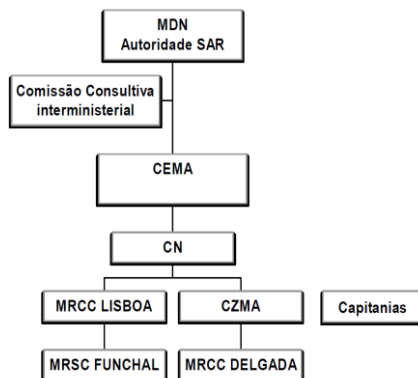
Pelo Decreto do Governo n.º 32/85, de 16 de agosto, o Governo decreta, nos termos da alínea c) do n.º 1 e do n.º 2 do artigo 200.º da Constituição, o seguinte:

*“Artigo único. É aprovada para adesão a Convenção Internacional sobre Busca e Salvamento Marítimo, de 1979, cujo texto em inglês e a respetiva tradução para português acompanham o presente decreto.” -*

Assinado em 18 de julho de 1985.

Alguns anos mais tarde, o Decreto-Lei n.º 15/94 de 22 de janeiro cria o Sistema Nacional para a Busca e Salvamento Marítimo (SNBSM), adotando as medidas legislativas adequadas para o estabelecimento da estrutura, organização e atribuições do serviço de busca e salvamento marítimo com o fim de assegurar a prossecução dos objetivos delineados pela Convenção Internacional sobre busca e salvamento marítimo de 1979, designadamente no que respeita à definição da sua estrutura principal, estrutura auxiliar, orientação e procedimentos.

Ainda segundo o DL n.º 15/94 de 22 de janeiro, Capítulo 1, Art. 2.º, o SNBSM é da responsabilidade do Ministro da Defesa Nacional que é a autoridade SAR nacional e é apoiado por uma comissão consultiva no âmbito dos assuntos relacionados com a busca e salvamento (figura 6).



*Figura 6 - Organograma do Serviço Busca e Salvamento Marítimo (SBSM) <sup>6</sup>*

Este serviço funciona no âmbito da Marinha e é o responsável pelas ações de Busca e Salvamento, adiante designadas por ações SAR, relativas a acidentes ocorridos com navios ou embarcações. São Órgãos do SBSM:

- Os Centros de Coordenação de Busca e Salvamento Marítimo (MRCC);
- Os Subcentros de Busca e Salvamento Marítimo (MRSC);
- As Unidades de Vigilância Costeira;
- As Unidades de Busca e Salvamento Marítimo.

Baseado no PONA V 01 (2004), de seguida são enunciados algumas responsabilidades e características das estruturas pertencentes ao Serviço de Busca e Salvamento Marítimo:

### **Capitão de Porto**

Compete ao Capitão de Porto, no âmbito do salvamento e socorro marítimos, prestar auxílio e socorro a náufragos e embarcações, utilizando os recursos materiais da Capitania ou requisitando-os a organismos públicos ou particulares se tal for necessário.

<sup>6</sup> Fonte: PONA V 01 (2004) in PONA V-01-MANUAL-DO-OFFICIAL-DE-SERVIÇO-AO-MRCC-LISBOA.pdf. Pág. 15

### **Estrutura auxiliar do Serviço de Busca e Salvamento Marítimo**

Concorrem para esta estrutura, as entidades que colaboram com o Serviço de Busca e Salvamento Marítimo e, mediante o estabelecimento de protocolos específicos, os organismos cuja atividade e/ou valências permitam prestar apoio às operações de SAR.

Os órgãos e serviços das estruturas auxiliares do SNBSM comunicam as características operacionais, prontidão e localização dos seus meios sendo responsáveis por garantir a certificação, a qualificação e o treino do respetivo pessoal.

### **Cooperação com outros Centros de Coordenação de Busca e Salvamento Marítimo**

Através do Decreto-Lei n.º 32/85 de 16 de agosto, Portugal ratificou a Convenção Internacional Sobre a Busca e Salvamento Marítimo de 1979 comprometendo-se a colaborar com as autoridades de outras nações que têm igualmente responsabilidades SAR usando o manual IAMSAR como guia.

## **1.3. CORRENTES MARÍTIMAS**

### **Correntes Oceânicas (*Sea current*)**

No Oceano, nada é estático: existem milhares de variáveis que afetam a deriva de um determinado objeto. No entanto, existem variáveis que se destacam, pelo que se tornam mais relevantes e permitem que se descartem outras menos significantes. Em particular, verifica-se que a circulação oceânica (figura 7) nas camadas superficiais das bacias oceânicas (até algumas centenas de metros de profundidade) é induzida pelos ventos dominantes e, à semelhança da circulação atmosférica, também as grandes circulações oceânicas se processam no sentido horário no hemisfério Norte e no sentido anti-horário no hemisfério Sul (Stewart, 2009).



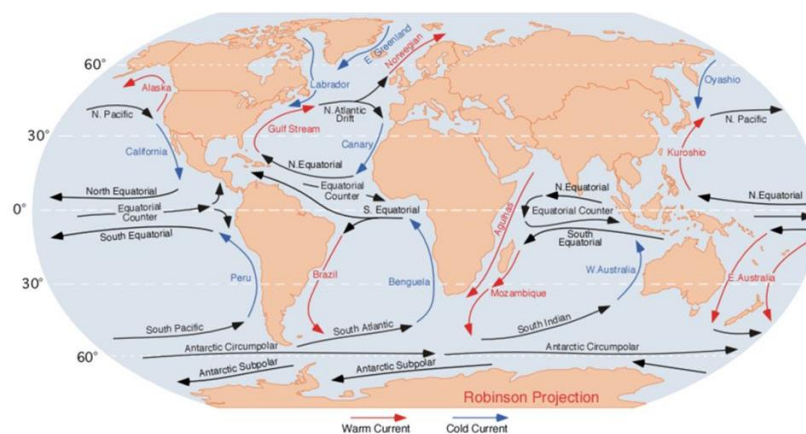


Figura 7 - Principais correntes oceânicas<sup>7</sup>

É denominada por “corrente” a velocidade do deslocamento horizontal das partículas de água. A corrente será assim caracterizada, como qualquer vetor velocidade, em dado local e em dado instante, pela sua intensidade e direção.

As correntes, geradas à superfície, são afetadas pela rotação do planeta: a consequência mais notável desta influência da rotação terrestre (ou efeito de *Coriolis*), é a espiral de *Ekman*, em que no hemisfério Norte flete o fluído oceânico para a direita - aumentando a flexão com a profundidade - e para a esquerda, no hemisfério Sul. Cada camada na espiral de *Ekman* (figura 8) dá atrito à de cima e dela recebe movimento, fazendo com que o efeito resultante da espiral seja o transporte integrado na camada de 90° à direita no hemisfério Norte e 90° à esquerda no hemisfério Sul (Gaspar, 1993).

<sup>7</sup> Fonte: WNCT9 (2016) in [<http://wnct.com/blog/2016/04/03/when-these-two-meet-the-graveyard-of-the-atlantic/>]

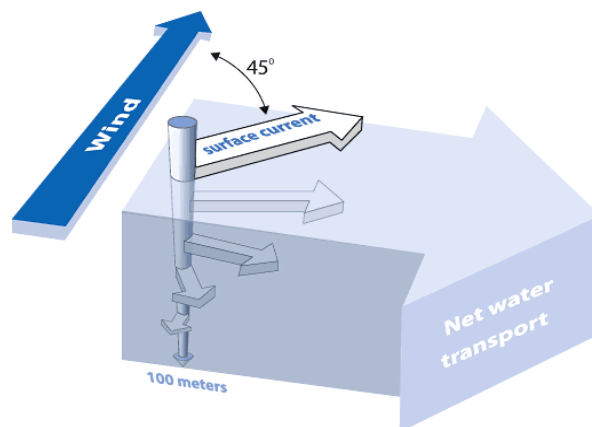


Figura 8 - Espiral de Ekman<sup>8</sup>

As correntes oceânicas são, segundo o ATP-10 (D), o principal fluxo em grande escala nas águas oceânicas. A importância deste conceito torna-se relevante para esta dissertação por ser fundamental quando a compreensão relativa às variáveis que são utilizadas e às que são descartadas.

Perto da zona de rebentação ou em águas pouco profundas, as correntes oceânicas são geralmente menos importantes do que a corrente de maré ou as correntes geradas localmente pelo vento: as correntes oceânicas mais consideráveis existem em todo o oceano, em zonas ao largo da costa e no interior dos oceanos, bem como são originadas essencialmente da energia de sistemas eólicos em grande escala e da interação de massas de água oceânicas de densidades diferentes.

### **Corrente de maré (*Tidal Current*)**

As correntes observáveis em qualquer local apresentam duas componentes fundamentais: uma do tipo aperiódico - formada pelos contributos das correntes de deriva, originadas por diferenças de densidade e ainda pelas correntes que têm origem nos gradientes superficiais - e a segunda componente, a que se dedicará o restante subcapítulo, é do tipo periódico e tem origem na ação das forças astronómicas, designando-se por corrente de maré.

É importante explicar o conceito de corrente de maré nesta dissertação de mestrado pois, apesar de todo o avanço científico nos dias de hoje, os acontecimentos

<sup>8</sup> Fonte: NOAA (2016) in [<https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/05currents4.html>]

meteorológicos são impossíveis de prever com 100% de rigor. A corrente de maré - além da complexidade aquando a sua previsão ao largo da costa - é praticamente irrelevante quando comparada com as correntes oceânicas ou com as correntes originadas localmente pelo vento. Tendo em conta a aleatoriedade de muitos acontecimentos meteorológicos e a magnitude das correntes de maré, quando comparadas com esses mesmos acontecimentos, podemos considerar como descartável a sua utilização. No entanto, se o objeto de deriva de estudo se encontrar junto a costa, estes valores já se tornam consideravelmente relevantes.

Desde longa data que se concluiu que a Lua e o Sol exerciam ações de atração de origem astronómica sobre a água dos oceanos, as quais, sendo bastante complexas, só mais tarde viriam a ser quantitativamente bem conhecidas. Foi, contudo, com a descoberta da lei de atração universal, por Isaac Newton, que se começou a delinear uma explicação mais científica do fenómeno.

As correntes de maré manifestam-se quer ao largo, quer junto a terra. Ao largo, são normalmente fracas e sem interesse prático para a navegação e para o cálculo da deriva; Junto à costa encontram-se, por vezes, correntes fortes e variáveis, cujo conhecimento já se torna relevante, visto que a componente teórica da corrente de maré se sobrepõe, muitas vezes, às correntes de origem hidráulica correspondentes ao enchimento e ao esvaziamento das bacias costeiras ou estuários sob o efeito da maré.

Enquanto o fenómeno maré pode ser calculado através de extrapolação sem grande risco de erro até distâncias consideráveis ao longo da costa (já que a sua variação é extremamente lenta), o mesmo não se passa com as correntes de maré: a corrente num dado ponto é função, também, de características físicas próximas como a topografia do fundo, a presença de bancos ou ilhas, o recorte da costa, etc.

A variabilidade horizontal e vertical da corrente de maré é tão grande, que se poderá mesmo dizer que os valores medidos num determinado ponto (caracterizado pela sua latitude, longitude e cota) são apenas válidos para esse ponto, podendo apresentar, à mesma hora, valores significativamente diferentes.

Esta situação é bem característica de estuários estratificados onde a medição de correntes em perfil vertical pode revelar situações de enchente e vazante ocorrendo simultaneamente na mesma vertical.

Segundo o IH (s.d.), esta variabilidade associada às correntes de maré leva a que as medições dos seus valores e a consequente divulgação das suas características tenha que ser adequada às diversas situações que se pretendem contemplar. Por vezes, é preferível fazer medições de curta duração (um ciclo de maré) em mais locais do que medições de longa duração em menos locais.

#### 1.4. CONCEITOS DE DERIVA – *DRIFT*

A previsão das variáveis que caracterizam o estado do oceano tem por base fornecer dados à previsão operacional - os prognósticos das variáveis oceânicas nos modelos hidrodinâmicos, tais como as marés, a temperatura, salinidade e as correntes; estes dados servem, essencialmente, para descrever o estado do oceano, mas se utilizadas individualmente, tornam-se de interesse limitado para a comunidade científica.

Segundo HACKETT, B.; BREIVIK, Ø. & WETTRE, C. (2006), a população, na sua generalidade, não se preocupa com, por exemplo, o prognóstico das correntes marítimas para o dia de amanhã a uma milha náutica da linha de costa - mesmo para quem vive junto da orla costeira esta informação é irrelevante. No entanto, quando se trata de como é que estas variáveis afetam os meios de transporte ou as atividades relacionadas com o uso do mar, assim como embarcações de pesca ou qualquer outro tipo de embarcação, aí sim, torna-se um assunto de interesse público. No caso das correntes, existe um interesse considerável em relação à forma como muitos objetos, no oceano, são transportados de um local para outro e qual a sua trajetória ao longo do tempo. O transporte de objetos e substâncias através de correntes é comumente referido como “deriva” (*drift*).

No Oceano, existe um número considerável de objetos e substâncias que derivam e nos são relevantes ou que, pela sua natureza, representam alguma importância para os seres humanos (como, por exemplo, os nutrientes e o fitoplâncton que são a base da vida no Oceano). Contudo, neste trabalho, o conceito da deriva é focado nas atividades

humanas ou de origem humana e na possibilidade destas se tornarem um risco e trazerem consequências para essas mesmas atividades ou para os ecossistemas marinhos. Devido a estes riscos e possíveis consequências, torna-se fulcral saber qual o destino de um objeto que se encontre à deriva e qual a sua trajetória ao longo do tempo, por forma a evitar ou mitigar o impacto nas atividades humanas e/ou nos ecossistemas.

Para esta dissertação de mestrado, os objetos de estudo são aqueles que podem originar maior impacto aquando a sua perda (tais como um corpo humano, embarcações à deriva e objetos que possam pôr em risco a segurança marítima - como um contentor à deriva, por exemplo).

Fora do foco de estudo desta dissertação de mestrado, fica a deriva de hidrocarbonetos que, sendo de importância igualmente elevada, possui características de deriva muito diferentes das características dos objetos sólidos, pelo que se torna necessário ser abordado num outro estudo.

### **Porque os objetos flutuam?**

Existem objetos que, fisicamente, são capazes de flutuar - uns pelas suas características intrínsecas ao material e outros porque foram construídas para tal. No entanto, tudo tem um fundamento físico e a flutuabilidade não é exceção. Posto isto, torna-se relevante para esta dissertação de mestrado explicar o porquê de existir flutuabilidade positiva, por forma a compreender os fenómenos durante o processo de deriva.

### **Pressão hidrostática**

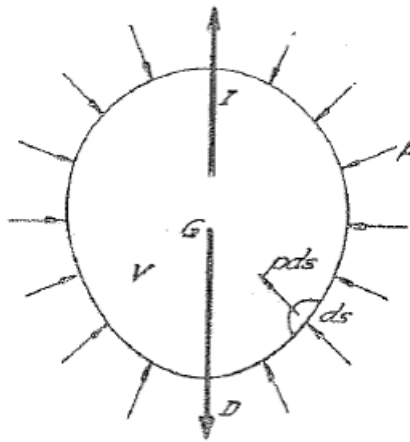
Um fluido em repouso exerce forças sobre uma superfície em contacto com esse fluido. Segundo a lei de Arquimedes, lei fundamental da hidrostática, um corpo imerso num fluido em repouso fica submetido a forças de pressão cuja resultante é uma força igual e oposta ao peso do fluido que ocupasse o mesmo volume imerso - ou seja, o peso do fluido deslocado. (Oliveira, 1964).

A força resultante da pressão hidrostática tem o nome de impulsão. Sendo  $I$  esta resultante e  $D$  o peso do fluido que ocupe o mesmo volume imerso, a lei de Arquimedes traduz-se em:

$$I + D = 0$$

*Equação 1 - Lei de Arquimedes*

Para demonstrar esta lei basta, para tal, considerar a natureza da pressão hidrostática que se exerce sobre a superfície do corpo (Fig. 9).



*Figura 9 - Pressão Hidrostática sobre a superfície do corpo<sup>9</sup>*

As forças provenientes do fluido que exercem pressão no objeto em repouso são normais à superfície imersa. A resultante destas forças é o somatório vetorial das forças elementares  $p \cdot dS$ , exercidas pela pressão exterior  $p$  sobre os elementos da área  $dS$  e, portanto, aquela resultante depende apenas dos valores da pressão e da força da superfície é, pois, independente da natureza do corpo limitado por esta. Se o corpo for substituído por fluido da mesma natureza e mesmas características que o fluido que o rodeia e for limitado pela mesma superfície imersa, a resultante das forças de pressão do fluido exterior sobre o fluido interior é a mesma que anteriormente, visto que a superfície é a mesma (Oliveira, 1964).

<sup>9</sup> Fonte: OLIVEIRA, R. (1964). Elementos de Arquitetura Naval, Vol. 1, Lisboa, Escola Naval, 88-92

Ainda segundo Oliveira (1964), as forças que atuam no fluido interior à superfície, são a resultante das forças de pressão e o seu próprio peso. Este fluido está em equilíbrio pois está nas mesmas condições que o restante fluido que por hipótese está em repouso e a superfície é agora imaterial. A condição de equilíbrio dá-se pois a soma daquelas duas forças é nula, tal como se pretendia demonstrar, isto é:

$$\bar{I} + \bar{D} = 0$$

A impulsão é uma força vertical de baixo para cima, de intensidade igual ao peso do fluido deslocado pelo volume imerso e cuja linha de ação passa pelo centro de gravidade do fluido que fosse limitado pela mesma superfície. No caso de um líquido incompressível e homogêneo (densidade constante), o centro de gravidade do fluido deslocado coincide com o centro do volume imerso (centro de carena) e o peso do líquido deslocado tem o valor:

$$D = wV$$

*Equação 2 - Deslocamento*

sendo

$w$  = peso específico do líquido

$V$  = volume imerso

Ao peso do líquido deslocado  $D$  dá-se o nome de deslocamento do corpo. Portanto, no caso de um líquido homogêneo e incompressível, a lei de Arquimedes traduz-se nas seguintes propriedades fundamentais:

1ª – A impulsão é vertical, de baixo para cima e em valor absoluto igual ao deslocamento que é:  $D = wV$

2ª – A linha de ação da impulsão passa sempre pelo centro do volume imerso ou centro de carena.

A demonstração acima descrita é genérica, aplica-se a qualquer fluido (perfeito ou não, compressível ou não). A única condição necessária para que a lei de Arquimedes

se aplique é que o fluido esteja em repouso, porque só nestas condições é que as forças de pressão são normais à superfície.

Apesar da lei de Arquimedes apenas se aplicar, na íntegra, no caso de um corpo estar em repouso, os seus princípios aplicam-se também a um corpo em movimento: para o corpo flutuar, a soma entre a impulsão e o deslocamento do corpo tem de ser nula. Assim, no caso de um navio que pese 1000 toneladas, o seu volume imerso terá que ser grande o suficiente para deslocar a mesma quantidade de água que, por sua vez, reage com uma força equivalente às 1000 toneladas e empurra o navio para cima. Desse modo, o navio é sustentado por essa força contrária, força de impulso.

### **Deriva de objetos flutuantes**

O movimento de um objeto à deriva na superfície oceânica é resultante de várias forças que atuam no corpo, tais como: correntes marítimas, vento, ondulação e vaga e, no centro de massa do corpo, atua ainda a força da gravidade e força de impulso, o que fará o objeto flutuar.

Para se poder estimar a trajetória de um dado corpo, é necessário saber algumas informações específicas que na maioria das vezes são difíceis ou impossíveis de obter; no entanto, se houver a indicação do tipo de objeto, é possível utilizar as características de objetos muito semelhantes e obter estimas muito aproximadas. Estas características e informações que se necessitam para estimar a trajetória do objeto derivante são, essencialmente: o vento local, a corrente de superfície, a forma do objeto e a flutuabilidade do mesmo (em que estas duas últimas variáveis se traduzem no tipo de objeto que se encontra à deriva).

Para se compreender o método que será abordado nos seguintes capítulos, é necessário explicar um conceito relativo à divergência angular a que o abatimento de um determinado objeto está sujeito. Este conceito é o que irá originar dois *datums* distintos pois, dependendo do objeto para o qual se está a calcular a deriva, serão aplicados dois abatimentos com direções diferentes. Isto acontece porque, na prática, não se conhece qual a superfície que está exposta ao vento (Figura 10). Assim sendo, para obter um cálculo correto teremos sempre que contar com duas posições, ou seja, dois *datums* (Hackett et al., 2004).



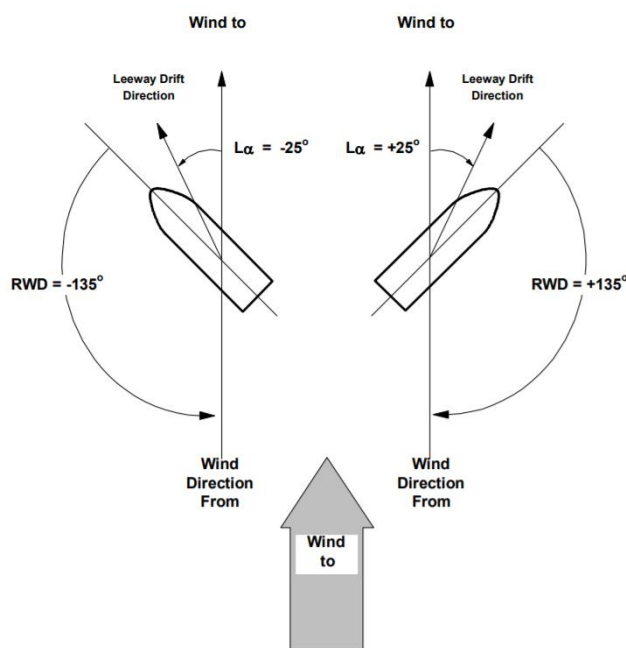


Figura 10 - Esquema do cálculo da deriva<sup>10</sup>

No capítulo 2, será abordado o método IAMSAR para o cálculo da deriva: através da sua análise, torna-se perceptível a forma como todas as componentes que atuam num objeto que se encontre à deriva afetam o mesmo.

## 1.5. DOCTRINA SAR

Para o entendimento do método de cálculo da deriva abordado nesta dissertação torna-se necessário o conhecimento de alguns conceitos utilizados no IAMSAR:

### **DATUM – Posição de deriva**

A localização mais provável do objeto a que se destina uma busca, corrigida pelo seu movimento ao decorrer do tempo, é conhecida por *datum*. A determinação de um *datum* inicia-se quando é reportada a posição do incidente: a menos que o objeto de socorro esteja imobilizado, como num encalhe, a verdadeira posição durante a busca poderá ser substancialmente diferente da posição inicial. No entanto, o possível movimento do objeto em causa, deve ser considerado aquando o cálculo do *datum*. O *datum* deve ser recalculado periodicamente pois as forças que atuam no objeto

<sup>10</sup> Fonte: Hackett et al. (2004). *Forecasting the Drift of Things in the Ocean*, Meteorologisk Institut, Presented at GODAE Summer School, Agelonde

continuarão a afetar a posição do mesmo ao longo do tempo. Para cada *datum* calculado (ou recalculado) poderá ser atribuído uma numeração sequencial (ex.: *Datum 1*, *Datum 2*, *Datum 3*) associado ao tempo de cálculo.

**Deriva marítima (*Drift*):** Este conceito é o que irá fazer compreender o movimento de um dado objeto, uma vez que a deriva marítima consiste no movimento de um objeto causado por forças exteriores (NATO (ATP-10), 1995):

*The motion of a drifting object on the sea surface is the net result of the balance of forces acting on it from the wind, the currents and the waves.* (Breivik & Allen, 2007), ou seja, os fatores que compreendem a deriva marítima são o abatimento, a corrente marítima, a corrente do vento e as correntes de maré.

**Abatimento (*Leeway*):** O abatimento, segundo a NATO (ATP-10 (D), 1995), é o movimento do objeto sobre a massa de água originado pela força exercida pelo vento nas superfícies expostas do objeto, ou seja, na área vélica. Segundo Allen e Plourde (1999), o abatimento é:

*Leeway is the motion of the object induced by wind (10 m reference height) and waves relative to the ambient current (between 0.3 and 1.0 m depth).*

A força do vento é contrariada pelo arrastamento da massa de água na superfície imersa do objeto: a maioria dos navios e embarcações possuem uma porção do casco e superestrutura (área vélica) exposta acima da linha de água, sendo que quanto maior a área vélica do objeto, maior será o efeito da força do vento sobre o mesmo. Objetos completamente submersos e pessoas a flutuar, poderá assumir-se que não possuem abatimento.

A direção de abatimento é, em geral, dada pela direção do vento, sendo aconselhado considerar variações na direção do abatimento consoante o tipo de objeto. As equações para cada objeto estão definidas no IAMSAR: estas equações podem ser deduzidas a partir do gráfico de retas da Figure N-1 do *Appendix N* do manual (e se encontra no anexo B desta dissertação de mestrado), assim como na descrição do objeto é possível retirar a variação que devemos aplicar na direção do abatimento. Esta reta pode

ser traduzida pela equação:  $abatimento = vento * \frac{1.25}{35}$ , correspondendo a aproximadamente 3.6% da intensidade do vento.

**Posição inicial (LKP – *Last Known Position*):** À posição que é relatada quando o pedido de socorro dá-se o nome de posição inicial. Para computadorizar o *datum*, a hora e a posição do objeto da busca (LKP) são os primeiros dados considerados. Isto irá determinar o tipo de *datum* a ser computadorizado. Uma das seguintes três situações acontecem habitualmente, baseada na informação inicialmente obtida:

- a) *Last Known Position* (última posição conhecida). O incidente é testemunhado ou reportado por um radar (quer costeiro, de outra embarcação ou até mesmo da própria). Caso não seja possível, a LKP poderá ser computadorizada a partir de uma posição fidedigna anterior ao incidente. Se a LKP for, então, conhecida, o abatimento é determinado e o *datum* computadorizado;
- b) *Track Known* (trajetória conhecida). A trajetória é conhecida, mas a posição ao longo da mesma é desconhecida ou é conhecida uma linha de posição, proveniente de um azimuth D/F;
- c) *Central Area Known* (área central conhecida). Não é conhecida nenhuma posição ou trajetória, mas a área mais provável onde o objeto da busca se poderá encontrar é, por exemplo, uma área de exercícios militares.

**Computação do *datum*:** O abatimento é o movimento realizado pelo objeto derivante, causado por forças externas. O *datum* é calculado através da determinação das forças que irão afetar o abatimento do objeto, selecionando as mais apropriadas e os respetivos vetores. Os vetores são então associados à posição inicial de modo a determinar o *datum*. As forças de abatimento devem ser calculadas para um período de tempo entre a LKP e a hora selecionada pelo RCC. Este período, para o qual é calculado o *datum*, é normalmente escolhido por forma a coincidir com as capacidades máximas diárias de busca, utilizando a duração média de uma busca ou o tempo estimado para a chegada da primeira SRU.

O RCC deve, tentativamente, quantificar cada força que poderá afetar o movimento do objeto da busca, utilizando vetores com azimuth e grandeza de modo a

representar a direção e velocidade da respectiva força. Objetos flutuantes são os mais afetados pelas condições ambientais, logo, mais fácil de quantificar os seus possíveis movimentos. No entanto, quando se trata de objetos com possível influência humana, já se torna uma questão mais complicada, pois estes alteram a trajetória do objeto de deriva, tornando os seus movimentos mais imprevisíveis.

Nos exemplos da Figura 11, encontram-se representados os vetores das forças que atuam num determinado objeto à deriva. Nestes exemplos, o *datum 1* é o ponto de entrada do objeto na água, o *datum 2* é o ponto de início das buscas (ponto este em que todos os vetores conhecidos já foram aplicados) e, sendo que todos os elementos que provocam o abatimento do objeto atuam em simultâneo, a sua trajetória é o vetor resultante. O comprimento dos vetores é representado em unidades de distância. A informação da velocidade do abatimento é convertida para distância, para um determinado período de tempo.

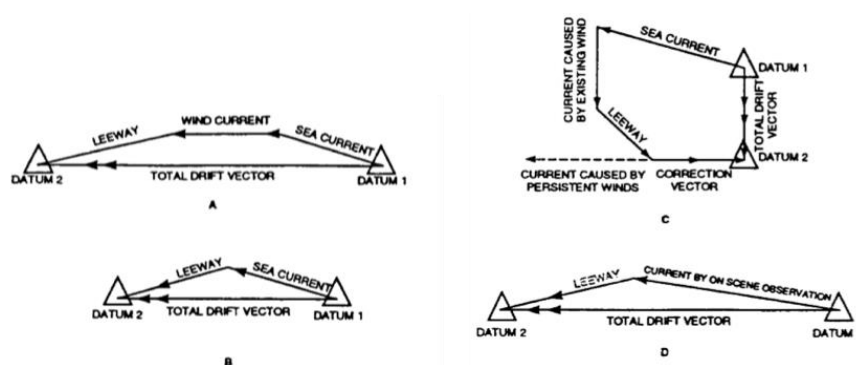


Figura 11 - Atuação dos vetores das forças num objeto à deriva<sup>11</sup>

## 1.6. OUTROS SOFTWARES

Com o desenvolver da tecnologia, é cada vez mais simples desenvolver ferramentas informáticas que facilitem processos que até agora eram efetuados manualmente.

No âmbito da busca e salvamento marítimos, já se pode contar com várias ferramentas desenvolvidas por organizações dentro dos próprios Estados ou até mesmo por entidades privadas que trabalham no setor da busca e salvamento. A nível

<sup>11</sup> Fonte: NATO (1995), ATP 10 (D) – Search And Rescue. Bruxelas. Naval Warfare Publications

internacional é possível encontrar, também, algumas ferramentas utilizadas para o cálculo da deriva.

Atualmente, na Marinha Portuguesa, é utilizada a ferramenta *Oversee* (que será abordada ainda neste capítulo) e, também, o *software* “Deriva IH” desenvolvido na Divisão de Oceanografia do IH.

No âmbito deste trabalho foram investigadas algumas dessas ferramentas em que, entre os *softwares* de apoio às operações SAR analisados, se destacam os seguintes:

- USCG SAROPS, da *United States Coast Guard*, EUA;
- SARMaster, da empresa privada norte americana Honeywell;
- SARMAP, da empresa privada norte americana ASA;

O USCG SAROPS (*Search and Rescue Optimal Planning System*), (figura 12) é uma ferramenta baseada no método Monte Carlo<sup>12</sup>, utilizado pela Guarda Costeira americana para gerir operações SAR nas suas águas (USCG, 2016).

Com base no *software* da ESRI, ArcGIS, o SAROPS veio substituir o CASP (*Computed Assisted Search Planning*): este *software* tem por base três componentes - o GUI (*Graphical User Interface*), o EDS (*Environmental Data Server*) e o SP (*Simulator and Planner*).

Resumindo, o SAROPS é uma ferramenta operacional com uma utilidade já provada, através dos casos em que já foi utilizado, com o objetivo de auxiliar nas ações de busca e salvamento, utilizando assim os meios de uma forma eficiente (SARAPP, s.d.).

---

<sup>12</sup> Designa-se por método de Monte Carlo (MMC) qualquer método de uma classe de métodos estatísticos que se baseiam em amostragens aleatórias massivas para obter resultados numéricos, isto é, repetindo sucessivas simulações um elevado numero de vezes, para calcular probabilidades heurísticamente. Este tipo de método é utilizado em simulações estocásticas com diversas aplicações em áreas como a física, matemática e biologia. O método de Monte Carlo tem sido utilizado há bastante tempo como forma de obter aproximações numéricas de funções complexas em que não é viável, ou é mesmo impossível, obter uma solução analítica ou, pelo menos, determinística. Fonte: Think Finance (s.d.) in [http://www.thinkfn.com/wikibolsa/M%C3%A9todo\_de\_Monte\_Carlo]

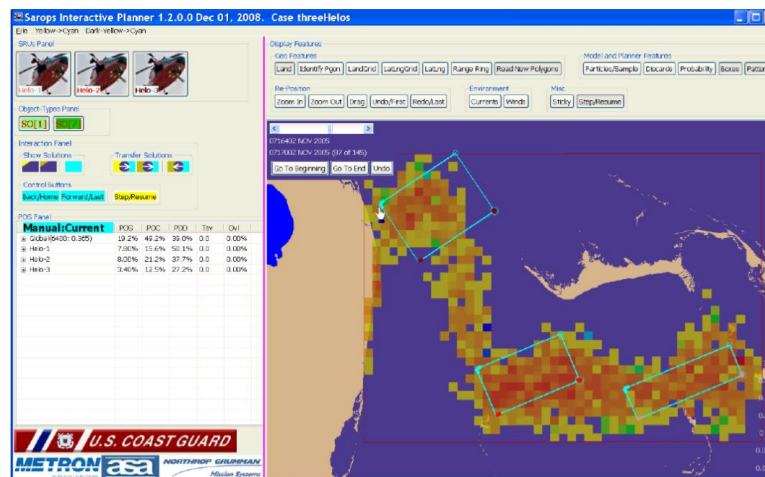


Figura 12 - Software SAROPS<sup>13</sup>

O SARMaster (figura 13) é um software desenvolvido pela empresa norte americana Honeywell com o objetivo de auxiliar os RCC na gestão de ações de busca e salvamento, providenciando controladores gráficos e várias janelas de visualização que permitem ter um panorama das informações de uma ação SAR no seu decorrer.

Este *software* tem a particularidade de possuir uma base de dados própria, possibilitando o registo e obtenção, a partir de bases de dados externas, de informações relativas a ações SAR ocorridas. Além do referido, este *software*, no caso de homem ao mar, estima o tempo de sobrevivência de acordo com a temperatura da água no local, auxiliando os RCC a estabelecer prioridades em relação ao empenhamento dos meios de salvamento (Honeywell, s.d.).

<sup>13</sup> Fonte: SARAPP (s.d.), *Simulator and Search Planner for the USCG SAROPS Search And Rescue Optimal Planning System* in [<http://www.sarapp.com/docs/SAROPS%20Description.pdf>]

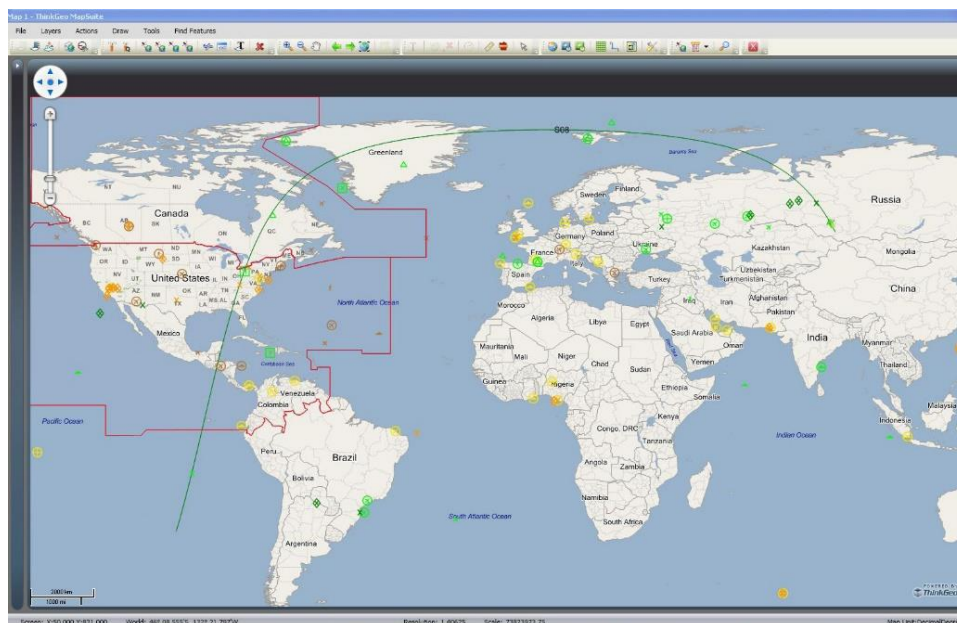


Figura 13 – Software SARMaster<sup>14</sup>

O SARMAP (figura 14) é a ferramenta criada pela empresa norte americana ASA: segundo a ASAScience (s.d.), esta ferramenta providencia a previsão da trajetória de um objeto que se encontre à deriva através do método IAMSAR e Monte Carlo. Além da previsão da deriva, esta ferramenta permite definir SRUs (*Search and Rescue Units*) - calculando padrões de busca -, a POC (*Probability Of Containment*), POD (*Probability Of Detection*) e a POS (*Probability Of Success*).

De referir que a empresa ASA fez parte da equipa de desenvolvimento do programa da guarda costeira norte americana, SAROPS.

<sup>14</sup> Fonte: Honeywell (s.d.). *SARMaster* in [http://www.gt.honeywell.com/Pages/Product.aspx?category=Software&cat=HSM-GLOBALTRACKING&pid=SARMaster]

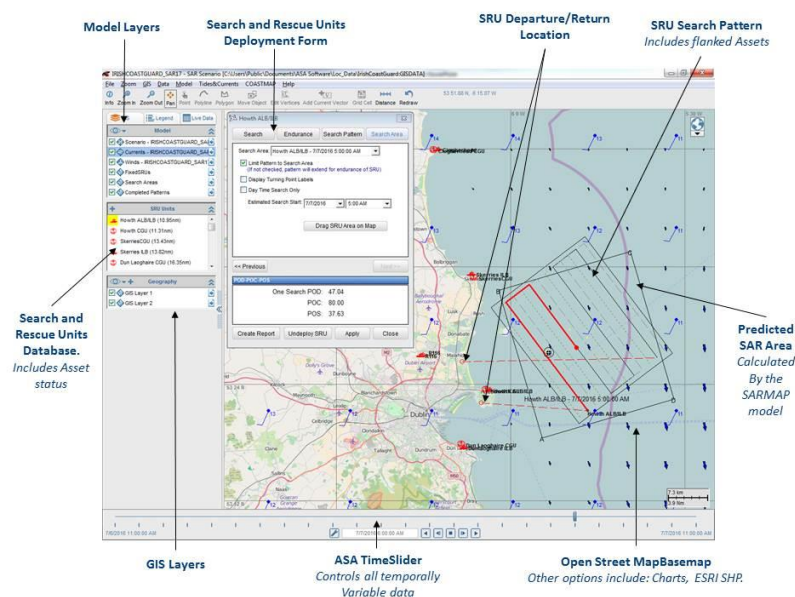


Figura 14 – Software SARMAP<sup>15</sup>

## 1.7. FERRAMENTA “OVERSEE”

A segurança marítima é de grande importância para a sociedade, principalmente para a população dependente das atividades relacionadas com o mar. Sem garantias de segurança, a atração para o uso do mar (quer por motivos comerciais quer para atividades recreativas) acaba por ser comprometida.

Em parceria com a Marinha Portuguesa, a *Critical Software* desenvolveu uma ferramenta que permite a integração de várias fontes de dados constituindo, assim, um excelente elemento de apoio à decisão. Esta ferramenta denomina-se por *Oversee* e, atualmente, permite facilitar todo o desenvolvimento de uma ação que envolva a segurança marítima, nomeadamente uma ação SAR (*Computer World*, 2012).

*O Oversee consiste numa solução única e integrada para centros de operações marítimas, que fornece um panorama situacional sem precedentes através de algoritmos de fusão e a capacidade de antecipação de riscos recorrendo a técnicas de inteligência artificial. A sua interface de utilizador, de fácil utilização, foi concebida de modo a tornar a tomada de decisão mais eficiente e colaborativa,*

<sup>15</sup> Fonte: ASAScience (s.d.). *Search & Rescue* in [<http://www.asascience.com/software/sarmap/>]



*promovendo uma rápida resposta a incidentes e a otimização de recursos.* Critical Software (s.d.).

O *Oversee* foi desenvolvido no sentido de abranger três distintas áreas de ação, sendo constituído por três módulos: o módulo de fiscalização marítima (*Oversee Sea Law Enforcement*), o módulo de proteção ambiental (*Environmental Monitoring and Protection*) e o módulo de busca e salvamento (*Search and Rescue*) que se encontra, desde setembro de 2012, em utilização no COMAR (Centro de Operações da Marinha).

### 1.7.1. CAPACIDADES E VALÊNCIAS

O *Oversee* é um sistema de informação de ponta para os Centros de Coordenação de Busca e Salvamento Marítimo (*Maritime Rescue Coordination Centres- MRCC*), desenvolvido de acordo com as melhores práticas de SAR e do IAMSAR: desenhado em estreita colaboração com autoridades responsáveis pela busca e salvamento, o *Oversee* foi galardoado com diversos prémios, tendo sido o vencedor do prémio “Melhor Inovação Tecnológica” no SAR *Europe*.

Segundo a *Critical Software* (s.d.), o *Oversee* foi especialmente concebido para:

Melhorar a percepção do panorama situacional	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ A informação do tráfego marítimo é integrada com múltiplas fontes de dados, incluindo alertas GMDSS, informação meteorológica e oceanográfica, posição e estado operacional dos recursos, fornecendo um panorama único integrado;</li><li>✓ <i>Dashboards</i> apresentam o estado global de cada centro de operações e o estado operacional dos recursos;</li><li>✓ Alarmes e algoritmos de risco permitem um alerta precoce de eventuais incidentes.</li></ul>
Melhorar os tempos de resposta a incidentes	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Georreferenciação de alertas GMDSS;</li><li>✓ Alertas GMDSS permitem não só a identificação de navios envolvidos em incidentes, mas também fornecem dados completos da sua posição no mapa;</li><li>✓ Chamadas de emergências são automaticamente registadas, juntamente com a identificação do emissor e a visualização da sua origem no mapa;</li><li>✓ Bases de dados integradas com o registo de navios e contactos permitem aos operadores pesquisar e identificar rapidamente um determinado navio ou contacto, possibilitando a comunicação imediata;</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recursos mais próximos e com capacidades apropriadas para responder a um incidente podem ser imediatamente identificados diretamente a partir do mapa;</li> <li>✓ Ferramentas integradas para planos de busca.</li> </ul>
Melhorar a gestão e a análise de riscos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relatórios estatísticos detalhados ajudam os gestores a identificar fatores e comportamentos de risco, no sentido de implementar estratégias de prevenção de incidentes;</li> <li>✓ Algoritmos de risco fornecem alertas precoces caso os navios falhem a comunicação obrigatória da sua posição (risco de <i>overdue</i>);</li> <li>✓ Alarmes podem ser configurados para disparar sempre que determinadas condições ou comportamentos de risco são detetados pelo sistema.</li> </ul>
Otimizar custos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema de informação completo que desempenha a função de diversos sistemas legados de forma totalmente integrada, otimizando o desempenho do operador;</li> <li>✓ Relatórios estatísticos ajudam os gestores a identificar os locais geográficos e os picos sazonais na ocorrência de incidentes, visando otimizar a alocação de meios ou ações preventivas e de sensibilização;</li> <li>✓ Digitalização do centro de coordenação, eliminando ou reduzindo significativamente a necessidade de papel.</li> </ul>
Melhorar a coordenação entre os centros e unidades no teatro de operações	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ponto único de acesso para toda a informação, acessível a todos os centros e ao pessoal autorizado;</li> <li>✓ Acesso remoto e móvel através de uma interface intuitiva baseada em tecnologia web;</li> <li>✓ <i>SITREPs</i>, <i>Dashboards</i>, entradas no registro e outros relatórios podem ser facilmente exportados para ficheiros PDF ou enviados diretamente por e-mail.</li> </ul>
Facilitar a cooperação interagências	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A arquitetura orientada a serviços (SOA) e o sistema de distribuição de dados de alto desempenho facilitam a interoperabilidade e a troca de informações entre as agências.</li> </ul>
Melhorar os níveis de eficiência e eficácia	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Módulo de inteligência de negócio (<i>business intelligence</i>) e de relatórios fornece <i>dashboards</i> interativos que permitem explorar dados e realizar análises estatísticas;</li> </ul>

	✓ Indicadores de desempenho (KPI) permitem a monitorização dos centros de coordenação e dos recursos, possibilitando a identificação de oportunidades e de ações de melhoria.
Adaptar-se às necessidades da sua organização	✓ O conjunto modular de funcionalidades pode ser combinado e configurado para atender às necessidades específicas da sua organização.

Tabela 1 - Objetivos do Oversee

### 1.7.2. DERIVA NO OVERSEE

O *Oversee* (figura 15) é uma excelente ferramenta para a gestão e planeamento de uma ação SAR, pois permite integrar toda a informação relativa ao panorama situacional na mesma interface. Além do supramencionado, o *Oversee* tem a capacidade de calcular áreas de busca automaticamente, o que facilita e reduz tempo no processo de planeamento da ação SAR.

Contudo, apesar das inúmeras vantagens do *Oversee*, continua a existir alguma informação que pode ser integrada na ferramenta. No módulo de busca e salvamento do *Oversee* existe a possibilidade de calcular a deriva; no entanto, apesar da valência deste poder receber muita informação de forma automática, não permite que nenhum dado meteorológico seja introduzido manualmente. Outra desvantagem deste programa é o facto de não funcionar em caso de não estar ligado à internet: se existir alguma informação meteorológica que este não esteja a receber, a aplicação não irá calcular a deriva.

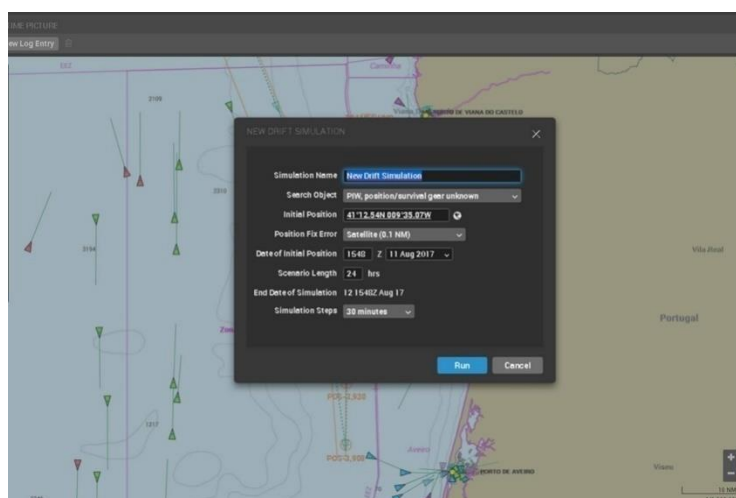


Figura 15 - Interface para o cálculo da deriva Oversee

## 1.8. TRIGONOMETRIA E GEOMETRIA ANALÍTICA

O software “IAMSAR Drift”, tal como vai ser possível entender no final deste documento, é uma ferramenta cuja estrutura necessita de diversos elos-chave bastante específicos, de que são exemplo os diversos conceitos e aplicações relacionados com as matemáticas cartográficas. Dos domínios da Trigonometria (quer plana, quer esférica) e da Geometria Analítica, surgem conceitos que, além de essenciais, são possivelmente a base teórica que permitiu, neste projeto, progredir para os cálculos efetuados pela ferramenta. Não é objetivo deste trabalho, aprofundar as matérias das ciências matemáticas, mas sim mostrar como as mesmas foram utilizadas para atingir os objetivos estabelecidos.

Relativamente à trigonometria, o principal usufruto e proveito que este projeto pretende receber desta ciência será a possibilidade de, através de fórmulas conhecidas, conceber automaticamente o cálculo de distâncias e rumos e, através dessas mesmas distâncias e rumos, determinar longitudes e latitudes, partindo de outras posições conhecidas.

Baseado em Fernandes (2013), de seguida são explicados alguns conceitos de trigonometria esférica, essenciais à compreensão de alguns cálculos efetuados pelo “IAMSAR Drift”.

Começando por um conceito simples, torna-se relativamente fácil efetuar o cálculo de uma distância no plano recorrendo ao Teorema de Pitágoras, representado na equação 3 e às fórmulas básicas de trigonometria, que figuram nas Equações 4 e 5.

Equação 3:

$$d^2 = x^2 + y^2$$

*Equação 3 - Teorema de Pitágoras*

Equação 4:

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{CatetoOposto}}{\text{Hipotenusa}}$$

*Equação 4 - Primeira Razão trigonométrica*

Equação 5:

$$\cos \alpha = \frac{\text{Cateto Adjacente}}{\text{Hipotenusa}}$$

*Equação 5 - Segunda Razão trigonométrica*

Estas equações trigonométricas, aplicadas a um sistema de coordenadas ortonormado<sup>16</sup>, possibilitam a obtenção direta de uma distância e/ou de um rumo, aplicando para isso algumas variantes, tais como:

Distância:

$$dist. = \sqrt{(\lambda A - \lambda B)^2 + (\varphi B - \varphi A)^2}$$

*Equação 6 - Fórmula do cálculo da distância*

Rumo:

$$rumo = \arcsen\left(\frac{\lambda A - \lambda B}{dist.}\right)$$

*Equação 7 - Fórmula do cálculo do rumo*

em que  $\lambda$ ,  $\varphi$  e  $\alpha$  representam longitude, latitude e rumo, respetivamente.

Para que o cálculo de distâncias e rumos sejam mais precisos, é necessário recorrer aos conceitos de trigonometria esférica; no entanto, estes cálculos tornam o processo um pouco mais complexo. A trigonometria esférica resulta da adaptação à esfera dos conceitos de trigonometria plana. A partir das fórmulas básicas da trigonometria e considerando os três ângulos e os três lados que caracterizam um triângulo, é possível, por exemplo, chegar à formulação que define a Lei dos Cossenos:

---

<sup>16</sup> Um referencial ortonormado é constituído por eixos perpendiculares (a razão do prefixo "orto"), onde se considera uma unidade de medida igual em todos eles (a razão para o "normado"). Os eixos são retas numéricas com um sentido convencionado e a sua intersecção designa-se por origem e corresponde ao ponto (0,0). No caso de ser um referencial no espaço, existem três eixos perpendiculares entre si e a origem comum é referenciada como o ponto (0,0,0).

Se considerarmos um plano, este sistema permite associar a todos os pontos um par ordenado de coordenadas (x,y) formado pelos números correspondentes à projeção ortogonal desse ponto em cada um dos eixos. Normalmente, consideramos um eixo horizontal, o eixo dos xx (onde se leem as abcissas) e um eixo vertical, o eixo dos yy (onde marcamos as ordenadas).

$$\cos a = \cos b * \cos c + \operatorname{sen} b * \operatorname{sen} c * \cos A$$

*Equação 8 - Lei dos Cossenos*

Ao contrário da Trigonometria Plana, torna-se insuficiente conhecer apenas dois ângulos para resolver um triângulo esférico. É sempre necessário conhecer, no mínimo, três elementos - sejam eles três ângulos, três lados, dois lados e um ângulo ou um lado e dois ângulos. A partir da Lei dos Cossenos, facilmente se chega às Fórmulas Fundamentais da Trigonometria Esférica:

Equação 9:

$$\cos a = \cos b * \cos c + \operatorname{sen} b * \operatorname{sen} c * \cos A$$

*Equação 9 - Primeira Fórmula Fundamental da Trigonometria Esférica*

Equação 10:

$$\cos b = \cos a * \cos c + \operatorname{sen} a * \operatorname{sen} c * \cos B$$

*Equação 10 - Segunda Fórmula Fundamental da Trigonometria Esférica*

Equação 11:

$$\cos c = \cos a * \cos b + \operatorname{sen} a * \operatorname{sen} b * \cos C$$

*Equação 11 - Terceira Fórmula Fundamental da Trigonometria Esférica*

Derivando das fórmulas fundamentais obtidas e alterando-as de acordo com as nossas necessidades, conseguimos chegar ao resultado que nos permite calcular diretamente de forma esférica (através da Equação 12), a distância entre dois pontos de coordenadas conhecidas, bem como o rumo que levará do ponto inicial ao final, conseguido através da equação 13.

Equação 12:

$$\begin{aligned} dist. = & \arccos[(\operatorname{sen} \varphi A * \cos(90 - \varphi B)) \\ & + (\cos \varphi A * \operatorname{sen}(90 - \varphi B)) * \cos(\varphi B - \varphi A)] \end{aligned}$$

*Equação 12 - Fórmula do cálculo da distância de duas coordenadas conhecidas*

Equação 13:

$$Rumo = \arccos \frac{[(\text{sen}\varphi A - \text{sen}\varphi B) * \cos \frac{dist.}{60}]}{(\text{sen} \frac{dist.}{60}) * \cos \varphi A}$$

*Equação 13 - Fórmula do rumo ao ponto final*

em que  $\lambda$  e  $\varphi$  representam longitude e latitude, respetivamente.

É importante referir aqui a diferença entre as componentes esférica e plana da trigonometria: se por um lado a trigonometria esférica confere ao valor resultante uma aproximação mais real (por considerar a curvatura da Terra), por outro, a trigonometria plana torna os cálculos mais simples e menos propenso a erros. A diferença entre os resultados obtidos através dos dois métodos apenas difere significativamente quando se lida com grandes distâncias.

Para as ações SAR espera-se, obviamente, que o erro de cálculo seja nulo. No entanto, dificilmente se controlarão com precisão todas as variáveis que afetam a deriva dos objetos no mar. Visando a experiência quotidiana, as capacidades de instrumentação e deteção dos meios aéreos e tendo em conta que o cálculo serve apenas para fins académicos, vamos considerar que um erro de três milhas náuticas seria aceitável no resultado final.

Assumindo que a curvatura da Terra é homogénea, ou seja, varia uniformemente com a latitude, temos que:

Raio da Terra:

$$R(\varphi) = \sqrt{\frac{(a^2 \cos \varphi)^2 + (b^2 \text{sen} \varphi)^2}{(a \cos \varphi)^2 + (b \text{sen} \varphi)^2}}$$

*Equação 14 - Fórmula do cálculo do raio da Terra*

em que  $\varphi$ ,  $a$  e  $b$ , são respetivamente a latitude, o raio equatorial e o raio polar.

Para fins de aferir a diferença entre o cálculo da distância resultante da trigonometria plana e a distância resultante da trigonometria esférica, podemos utilizar

um ponto com origem no equador, onde o raio da Terra é aproximadamente 6378.137Km (Williams, 2016).

## 1.9. PRÉMIO H.E.R.O. ATRIBUÍDO AO SERVIÇO DE BUSCA E SALVAMENTO

O *Maritime Rescue Coordination Centre* (MRCC) de Lisboa e o MRCC de Ponta Delgada receberam, no dia 15 de novembro de 2016, o prémio H.E.R.O (figura 16). (*Honouring Excellence in Rescue Operations*) que tem como objetivo reconhecer o trabalho desenvolvido na área da busca e salvamento marítimo.

Segundo a IMRF Hero (s.d.), este prémio é atribuído anualmente pela Federação Internacional de Salvamento Marítimo (International Maritime Rescue Federation – IMRF) e destina-se tanto a indivíduos como a instituições que se destaquem na execução de missões de resgate, na introdução de inovações tecnológicas ou noutros serviços no âmbito da busca e salvamento marítimo, ou SAR.

Em 2015, os MRCC Lisboa e Delgada coordenaram 636 ações SAR, das quais resultaram 501 vidas salvas. Este resultado operacional foi alcançado com uma taxa de sucesso de 97%, considerando as fórmulas da Organização Marítima Internacional (IMO) para a taxa de eficácia no salvamento no mar. O prémio foi entregue durante o Encontro Regional da IMRF, realizado em Cascais no ano de 2016 (entre 14 e 16 de novembro) e foi organizado pelo Instituto de Socorros a Náufragos (ISN) e pela Plataforma das Indústrias da Defesa Nacional (Revista de Marinha, s.d.).

Segundo o site da International Maritime Rescue Federation:

*“A local award was presented to The Maritime Rescue Coordination Centre - MRCC Lisboa & MRCC Delgada in Lisbon. Portugal has the largest SAR Region of the entire European continent. For a small sized country such as Portugal, this represents a responsibility across an area sixty-two times larger than the mainland, comprising more than 5 million square kilometres. Both centres are responsible for coordinating the search and rescue at sea in the SAR Regions of Lisboa and Santa Maria. In 2015, the Portuguese SAR Service (MRCC Lisboa and Delgada) registered a total of 636 SAR*



*events that resulted in 501 lives saved. This operational result was achieved with a high overall success rate of 97%, as defined by the IMO formulas for efficacy rate of rescue at sea.” (IMRF HERO, s.d.a)*

Decorrente dos compromissos assumidos por Portugal no âmbito da Convenção de Busca e Salvamento Marítimo da IMO, os MRCC's Lisboa e Delgada têm por missão coordenar as ações e os meios empenhados em operações de Busca e Salvamento Marítimo, na SRR (*Search and Rescue Region*) de Lisboa e de Sta. Maria.

Sob dependência do MRCC Lisboa, funciona o Subcentro de Coordenação de Busca e Salvamento Marítimo do Funchal (MRSC Funchal); o Sistema Nacional para a Busca e Salvamento Marítimo (SNBSM), dirigido pelo Ministério da Defesa, inclui ainda a Força Aérea e outras entidades que contribuem com os seus meios e capacidades específicos, que permitem uma eficiente gestão dos meios.

Este sistema encontra-se operacional vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana, sob a autoridade do Vice-Almirante Comandante Naval - o Coordenador da Busca e Salvamento Marítimo a nível nacional (Marinha, s.d.a).

Esta dissertação de mestrado pretende contribuir para que estes números se tornem ainda mais positivos, pois, enquanto a taxa de sucesso não for 100% haverá sempre contributos a dar nesta área.



*Figura 16 - Vencedores do Prémio H.E.R.O.<sup>17</sup>*

---

<sup>17</sup> Fonte: IMRF Hero (s.d. a) in [<http://www.imrfhero.org/2016/lists/the-winners>)]

# **CAPÍTULO 2**

## **MODELO DE CÁLCULO DA DERIVA**

### **2.1. REQUISITOS DE UM SOFTWARE DE CÁLCULO DE DERIVA**

### **2.2. O PROCESSO DE CÁLCULO**

### **2.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO “IAMSAR”**

### **2.4. PROGRAMA “IAMSAR DRIFT”**

#### **2.4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROGRAMA “IAMSAR DRIFT”**

#### **2.4.2. INTERFACE GRÁFICA**

#### **2.4.3. O CÁLCULO DE DATUM’S**

#### **2.4.4. MELHORIAS AO “IAMSAR DRIFT”**

## 2. CAPÍTULO 2 – MODELO DE CÁLCULO DA DERIVA

Acidentes acontecem no mar com alguma frequência: navios naufragam, perdem a propulsão, têm rombos que originam derrame de óleo ou combustíveis, entre muitos outros. Todas estas situações já aconteceram no passado e, com mais ou menos consequências, continuarão a acontecer no futuro.

Apesar da segurança ser um fator cada vez mais preponderante para quem utiliza o mar, existem acontecimentos que não resultam de falha humana, mas sim de fatores externos, tais como as condições meteorológicas e oceanográficas. As pessoas, embarcações ou os hidrocarbonetos podem constituir objetos à deriva no oceano com consequências potencialmente graves: perda de vidas humanas, risco para a segurança marítima ou provocar impacto ambiental, nos ecossistemas no caso de derrames de hidrocarbonetos.

A resposta dos serviços de emergência aos incidentes marítimos, depende essencialmente da disponibilidade das pessoas e dos sistemas que garantem a rapidez da previsão de deriva, esta deve ser de 24h por dia, todos os dias. Uma das componentes críticas para o cálculo da deriva é o acesso em tempo real às condições METOC que se verificaram no momento do acidente e a sua previsão nas horas que lhe sucedem.

De um modo genérico, sobre os objetos derivantes atuam essencialmente a força do vento e a corrente à superfície, sendo a deriva resultante a soma vetorial das velocidades induzidas por cada uma destas forças no objeto em causa:

$$V_{drift} = V_{curr} + V_{rel}$$

*Equação 15 - Fórmula do Cálculo da Deriva*

Neste capítulo é descrito o processo de cálculo de *datums* efetuado pelo “IAMSAR Drift”, baseado no IAMSAR, bem como explicado o funcionamento do programa informático desenvolvido neste trabalho e que procede a este mesmo cálculo.

## 2.1. REQUISITOS DE UM SOFTWARE DE CÁLCULO DE DERIVA

Segundo Hackett et al. (2006), um software que vise o cálculo de deriva deverá cumprir com determinados requisitos. A interface gráfica do software deverá:

- Receber os dados iniciais de LKP e GDH (Grupo Data Hora);
- Receber dados das condições meteorológicas que se verificaram e que se preveem no local;
- Ser intuitivo e facilmente utilizável, por forma a diminuir o tempo gasto em cálculos e devido à urgência que existe na resolução dos casos SAR;
- Representar graficamente os resultados essenciais à busca e salvamento marítimo.

Quanto aos objetivos dos MRCC, neste âmbito, devem ser a salvaguarda da vida humana no mar (eficácia no salvamento), garantindo:

- Utilizar dados com fontes fidedignas por forma a reduzir as áreas de busca;
- Processo de decisão célere;
- Potenciar a eficácia dos meios empenhados na busca e salvamento marítimos.

## 2.2. O PROCESSO DE CÁLCULO

Assim que é lançado um alerta ou se desconfia que algum incidente ocorreu, é inicialmente procurada uma posição e uma hora associadas ao mesmo, que sejam o mais fidedignas possível. Por vezes, a posição e hora são dadas através do “*report*” inicial; contudo, frequentemente, existe falta de informação que permita determinar a posição e hora inicial do incidente com a precisão desejada.

Quando uma embarcação é dada como desaparecida e crê-se que está numa situação de socorro, deverão ser tomadas todas as medidas possíveis para obter o máximo de informações e pistas que, quando analisadas, irão reduzir a área mais provável de se encontrar sobreviventes e, conseqüentemente, apontar para uma pequena área com uma

grande probabilidade de os encontrar - ou seja, com um valor de POC (*Probability Of Containment*) elevado. Informações e pistas adicionais deverão incluir qualquer informação recebida da embarcação em dificuldades antes do incidente, as condições que a levaram ao incidente ou até mesmo observações de outras pessoas que possam estar próximas do local do acidente. O esforço para obter mais informações e pistas deve continuar até que todos os sobreviventes tenham sido localizados ou contabilizados.

### 2.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO “IAMSAR”

O IAMSAR é o mais conceituado manual orientador para a busca e salvamento aéreo e marítimo, produto da cooperação entre a IMO (*Internacional Maritime Organization*) e a ICAO (*International Civil Aviation Organization*) (IMO, 2013).

É um dos métodos mais utilizados para o cálculo de derivas (quer marítimas, quer aeronáuticas), sendo que muitos dos serviços SAR em todo o mundo baseiam os seus cálculos da deriva no IAMSAR.

Neste subcapítulo, será abordado o método IAMSAR de modo a demonstrar o funcionamento do mesmo, passo por passo, explicando a obtenção dos seus resultados e servindo já como base teórica da técnica aplicada na ferramenta “IAMSAR Drift” desenvolvida neste trabalho.

O método IAMSAR é aplicado através da resolução de oito etapas: estas etapas baseiam-se no preenchimento de algumas folhas de cálculo, nas quais se insere a informação necessária à obtenção da deriva requerida.

O objetivo deste método é, no final, obter dois conjuntos de coordenadas (*Datum1* e *Datum2*), posição de deriva da “direita” e posição de deriva da “esquerda”, respetivamente. Estas posições traduzem os limites da área mais provável para o qual o objeto derivou: isto permite estabelecer uma área de busca através do erro associado. Os coeficientes para o cálculo de cada objeto, referidos no IAMSAR, são baseados no método Monte Carlo: estes valores foram obtidos através do estudo efetuado por Allen & Plourde (1999).

De seguida será resolvida a situação prevista no Apêndice A desta dissertação, com recurso ao *Appendix K* (Anexo A) e *Appendix N* (Anexo B) do manual IAMSAR. O

caso que será resolvido trata-se de um exercício fornecido pelo Centro Integrado de Treino e Avaliação Naval (CITAN), a entidade responsável pelo planeamento e condução do treino e avaliação das unidades operacionais (Marinha, s.d. b). Na resolução do caso será também possível demonstrar o raciocínio associado a este método.

Dados do exercício:

- Objeto: balsa com canopia e lastro (sem drogue);
- LKP: Lat.- 38°30.0'N, Lon.- 011°30.0' W;
- GDH: 172100Z JAN17;
- Período de deriva: 14h;
- ASW (*Average Surface Wind*): 235 / 17,9Kt (Previsão);
- SC (*Sea Current*): 190 / 0,5Kt (*Pilot Charts*).

#### **Etapa A – Identificação da posição inicial de deriva**

A folha de cálculo representada na Figura 17, ilustra o passo onde a informação inicial é introduzida. No que diz respeito à navegação marítima, a uma posição estará sempre associado um GDH e, como tal, será essa a informação que deverá ser registada nesta etapa (A-2 e A-3). Esta posição é a última associada ao objeto, seja ela conhecida ou estimada e deverá, se possível, ser indicada a sua natureza (A-1).

<b>A Starting position for this drift interval</b>			
1	Type of position (Circle one)	Last known position Estimated incident position Previous datum	<input checked="" type="radio"/> LKP <input type="radio"/> EIP <input type="radio"/> PD
2	Position Date/time	<u>17 2100</u> Z	<u>JAN 17</u>
3	Latitude, longitude of position	<u>38°30,0'</u> <input checked="" type="radio"/> N <input type="radio"/> S	<u>011°30,0'</u> <input checked="" type="radio"/> W <input type="radio"/> E

Figura 17 - Etapa A do método IAMSAR (Folha de cálculo com a informação inicial)

## ETAPA B – Tempo de deriva

Sabendo a LKP descrita em A-3 e a respetiva hora transmitidas pela embarcação, é necessário determinar a hora em que o meio empenhado na busca e salvamento iniciará as buscas, traduzindo este período de tempo no tempo total em que, teoricamente, o objeto derivou, sendo este o objetivo da Etapa B (Figura 18).

B	Datum time
1	Commence search date/time <u>18 1100</u> Z <u>JAN 17</u>
2	Drift interval <u>14:00 (14.00h)</u> hours

Figura 18 - Etapa B do método IAMSAR

Desde a última informação da embarcação (172100Z JAN 17) até ao MRCC ser ativado, poderão passar algumas horas: através da posição fornecida e com recurso a uma qualquer ferramenta que permita calcular distâncias (seja através de cartas ou de softwares (Figura 19)), é possível verificar que a embarcação, neste caso prático, dista 96,4 NM da linha de costa mais próxima.

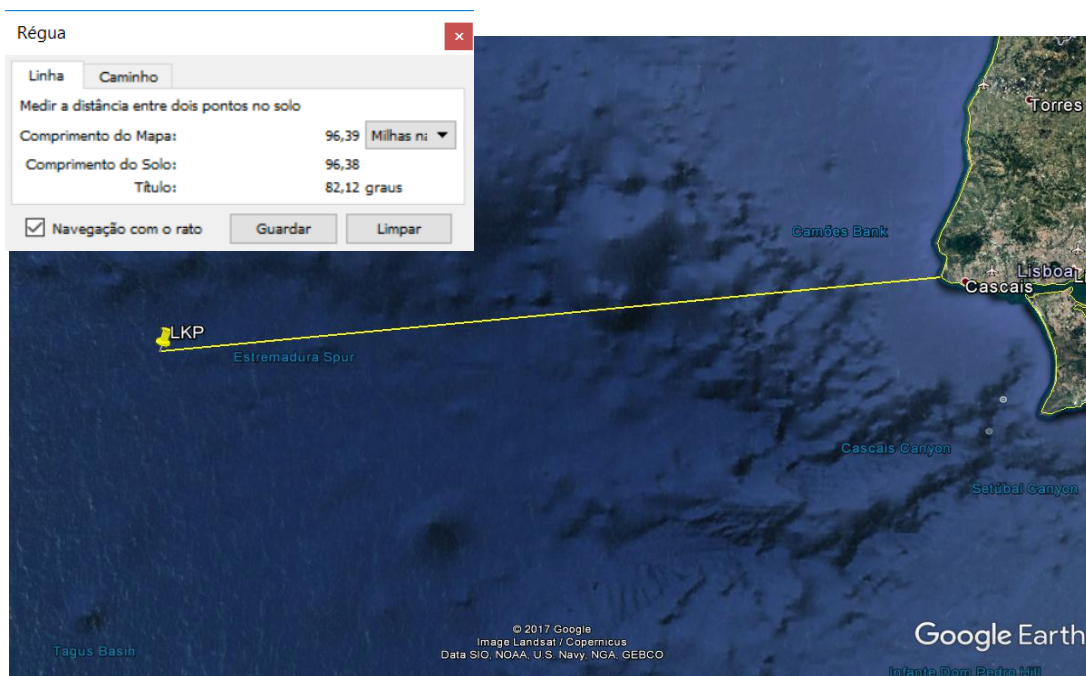


Figura 19 - Exemplos de ferramentas de cálculo de distâncias

Sabendo que os meios não chegam à posição imediatamente, é necessário ainda considerar o tempo de trânsito do meio de salvamento: desde a ativação do meio empenhado até que este alcance a área de operações (será considerado, neste caso prático, um período de tempo de catorze horas (14:00)). Todos os cálculos relacionados com períodos de tempo são relativos e dependem do meio de salvamento empenhado e da posição onde este se encontra. Com estes dados podemos então deduzir que as buscas serão iniciadas em 181100Z JAN 17. Nesta fase temos todos os dados necessários para concluir a Etapa B.

É importante referir que durante o processo de utilização do método IAMSAR, convém efetuar o registo horário no formato decimal por forma a facilitar o processo.

### **Etapa C – Vento médio à superfície**

Com esta etapa, pretende-se determinar o vento médio à superfície e obter o vetor direção-velocidade para, posteriormente, calcular a corrente induzida pelo vento (*Wind Current*) e o abatimento (*Leeway*). Esta etapa apenas pode ser alcançada mediante o preenchimento da folha de cálculo ASW *Worksheet* (C-A), apresentada na Figura 20.

<b>C</b>	<b>Average surface wind (ASW)</b> (Attach <b>Average surface wind (ASW) worksheet</b> )	
1	Average surface wind (ASW)	<u>235</u> °T <u>17.9</u> kts
2	Probable error of drift velocity due to probable error of average surface wind (ASWDV <sub>e</sub> )	<u>0.3</u> kts

*Figura 20 - Etapa C do método IAMSAR (Folha de cálculo C-A)*

Nesta folha de cálculo deverão ser preenchidos os valores referentes ao vento - desde a hora de início de deriva até ao instante final do seu cálculo afeto a cada observação, direção e velocidade. A própria folha explica o procedimento pelo que o processo é facilmente conduzido pela leitura da mesma. No entanto, é necessário referir que o tempo gasto a ler explicações é tempo perdido num processo que urge em ficar concluído.



Em relação às observações do vento, para efeitos de estudo foram introduzidos valores que no final resultassem num ASW com direção 235°, 17.9kts - sendo que as observações simuladas são para previsões hipotéticas relativas às 00:00, às 06:00, às 12:00 e às 18:00, que representam os períodos da maioria das previsões.

Relativamente à validade das previsões, pode-se considerar uma diferença de três horas para a frente e três horas para trás da hora da previsão. Por exemplo: uma previsão para as 0600Z, terá a validade das 0300Z até às 0900Z.

Para a resolução destes problemas trabalha-se com dados vetoriais, ou seja, com valores de direção e intensidade. O método IAMSAR assume, no próprio cálculo, a inserção do vento no formato vetorial. O cálculo do vento serve fundamentalmente para determinar a corrente induzida pelo vento (*Wind Current*) e o abatimento (*Leeway*).

Como tal, durante esses dois processos, existe um passo que adiciona (ou subtrai) 180 à direção do vento.

Average surface wind (ASW) worksheet					
Case title _____		Case number _____		Date _____	
Planner's name _____		Datum number _____		Search plan A B C _____	
<b>A Average surface wind</b>					
1 Surface wind data					
Time of observation	Time interval	Number of hours (A)	Wind direction (B)	Wind speed (C)	Wind contribution (A × C)
18 JAN 0001	210 _ 030	6:00 (6.0h)	234 ° T	17 kts	102 NM
0600	030 _ 090	6:00 (6.0h)	236 ° T	17 kts	102 NM
1200	090 _ 110	2:00 (2.0h)	235 ° T	17 kts	34 NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
Total hours		14:00 (14.0h) (D)	Vector sum of contributions	235 ° T (E)	238 NM (F)
2 Average surface wind (ASW) [(E)°T (F/D) kts]				235 ° T	17 kts
<b>B Probable error</b>					
1 Probable error of the average surface wind (ASW <sub>e</sub> )				8 kts	
2 Probable error of drift velocity due to probable error of the Average surface wind (ASWDV <sub>e</sub> )				0.5 kts	

Figura 21 - Etapa C do método IAMSAR (Folha de cálculo C-A-1)

O preenchimento do Surface Wind Data (C-A-1) passa ainda pelo cálculo da *Wind Contribution*, que se obtém através da multiplicação do número de horas à velocidade do vento (A x C) relativas a cada observação e que mais não é que a integração dos vetores vento em função do tempo.

De seguida, é calculado o vetor médio que se inicia pelo tempo total de horas de deriva, que deverá ser igual ao ponto B-2 da Etapa B. Segue-se o cálculo da direção

resultante do vento: o total determinado representado pelo ponto F é um cálculo intermédio que possibilita em C-A-2 estimar a intensidade final do vetor vento resultante, através da divisão do valor estimado pelo tempo total (F/D).

O objetivo do ponto B desta folha é o cálculo do erro associado a esta etapa, representado pelas siglas ASWe (*Average Surface Wind Error*) (C-B-1) e ASWDVe (*Average Surface Wind Drift Velocity Error*) (C-B-2). Sendo por vezes impossível dispor de observações em tempo real, os dados de vento disponibilizados são considerados previsões e, como tal, de acordo com o método IAMSAR, para o valor de ASWe considera-se 8 nós e para o valor de ASWDVe, 0,5 nós. Segundo o IAMSAR, para os valores de ASWe deve estimar-se qual o erro provável da média do vento de superfície: se tal não for possível, assume-se 5 nós para valores de vento observado e 8 nós para previsões; para os valores de ASWDVe, deve estimar-se o erro da velocidade de deriva que irá depender do ASWe - não sendo possível determinar, assume-se 0,3 nós para vento observado e 0,5 nós para previsões (IMO, 2013, p.324).

Estimada toda a informação referente à folha de cálculo ASW *Worksheet*. Estão reunidas, assim, todas as condições para efetuar o preenchimento da Etapa C, de acordo com a Figura 21, acima apresentada.

#### **Etapa D – Corrente marítima total**

Como se pode verificar através da Figura 22, a Etapa D pretende determinar a corrente marítima total (TWC).

<b>D</b>	<b>Total water current (TWC)</b> (Attach <b>Total water current (TWC) worksheet</b> )		
1	Total water current (TWC)	<u>127</u> °T	<u>0.72</u> kts
2	Probable total water current error (TWC <sub>e</sub> )		<u>0.42</u> kts

*Figura 22 - Etapa D (Folha de Cálculo da corrente marítima)*

Existem diversos fatores que afetam a corrente marítima, desde a maré até ao movimento da massa oceânica, passando pela ação do vento na superfície da água. Esta etapa pressupõe, também, o preenchimento das folhas de cálculo anexadas: é necessário proceder ao preenchimento da folha de cálculo referente à folha da *Total Water Current*

(TWC) *Worksheet* e ainda de uma terceira folha de cálculo designada *Wind Current (WC) Worksheet*. A Etapa D apenas fica concluída após o preenchimento das duas folhas de cálculo já mencionadas.

Esta etapa inicia-se com o preenchimento da folha de cálculo TWC *Worksheet* (Figura 23): nesta folha introduzem-se as componentes referentes à corrente marítima; alguns dos campos são opcionais, tendo eles como objetivo aumentar o rigor do cálculo do vetor de corrente marítima resultante.

<b>A</b>	<b>Observed total water current (TWC)</b>		
1	Source (datum marker buoy (DMB), debris, oil)	_____	
2	Observed set/drift	_____ °T	_____ kts
3	Probable error of observation ( $TWC_e$ )		_____ kts
4	Go to <b>part D</b> on the <b>Datum worksheet</b> .		
<b>B</b>	<b>Computed total water current</b>		
1	Tidal current (TC)		
a	Source (tidal current tables, local knowledge)	_____	
b	Tidal current (TC) set/drift (Attach any tidal current computations)	_____ °T	_____ kts
c	Probable error of tidal current ( $TC_e$ )		_____ kts
2	Sea current (SC)		
a	Source (atlas, pilot chart, etc.)	_____	<b>Pilot chart</b>
b	Sea current (SC) set/drift	<b>190</b> °T	<b>0.5</b> kts
c	Probable error of sea current ( $SC_e$ )		<b>0.3</b> kts
3	Wind current (WC) (Attach <b>Wind current worksheet</b> )		
a	Wind current (WC) set/drift	<b>085</b> °T	<b>0.64</b> kts
b	Probable error of wind current ( $WC_e$ )		<b>0.3</b> kts
4	Other water current (OWC)		
a	Source (local knowledge, previous incidents, etc.)	_____	
b	Other water current (OWC) set/drift	_____ °T	_____ kts
c	Probable error of other water current ( $OWC_e$ )		_____ kts
5	Computed Total water current (TWC) set/drift	<b>127</b> °T	<b>0.72</b> kts
6	Computed probable total water current error ( $TWC_e$ ) ( $TWC_e = \sqrt{TC_e^2 + SC_e^2 + WC_e^2 + OWC_e^2}$ )		<b>0.42</b> kts
7	Go to <b>part D</b> on the <b>Datum worksheet</b> .		

Figura 23 – Etapa D (folha de cálculo TWC *Worksheet*)

Devem-se preencher todos os campos possíveis, de acordo com as fontes que se tem disponível. No entanto, se apenas existir apenas uma fonte de corrente marítima, é possível dar continuidade ao método.

O preenchimento dos campos deve sempre ter fontes fidedignas e nunca devem ser utilizados valores hipotéticos, pois estes apenas irão aumentar a incerteza nos vetores resultantes. Neste caso, muitas componentes são deixadas em branco, sendo que as fontes disponíveis são as enunciadas no exercício que se encontra no Apêndice A.

Como é possível verificar através da Figura 23 (acima apresentada) para este caso, apenas dispomos de dados que permitem preencher os campos D-B-2 e D-B-3 (nomeadamente a informação da SC, que é assumido como sendo das *Pilot Charts* e também a informação do vetor de vento médio (ASW), previamente determinada e que irá permitir calcular a corrente marítima gerada pelo vento (WC), mediante o preenchimento de uma outra folha de cálculo, a *Wind Current Worksheet* (Figura 24)). Desta forma, e dispondo exclusivamente desta informação, apenas esses campos são preenchidos.

Wind current (WC)			
1	Average surface wind (ASW) (From <b>Datum worksheet, line C.1</b> )	<u>235</u> °T	<u>17.9</u> kts
2	Downwind direction (ASW direction $\pm 180^\circ$ )		<u>055</u> °T
3	Wind current drift (from <b>figure N-1</b> )		<u>0.64</u> kts
4	Divergence of wind current (from <b>figure N-1</b> )	$\pm$	<u>+ 30</u> °
5	Wind current set (Downwind direction $\pm$ divergence of wind current) (add divergence in northern hemisphere, subtract in southern hemisphere)		<u>085</u> °T
6	Wind current (WC) set/drift	<u>085</u> °T	<u>0.64</u> kts
7	Probable error of wind current (WC <sub>e</sub> )		<u>0.3</u> kts
8	Go to <b>line B.3</b> on the <b>Total water current (TWC) worksheet</b> .		

Figura 24 – Etapa D (Wind Current Worksheet)

A folha de cálculo *Wind Current Worksheet* necessita dos dados de vento médio que foram previamente determinados e devem ser inseridos no ponto 1; seguidamente, no ponto 2, dever-se-á inserir o valor do *downwind direction*, que se obtém adicionando

ou subtraindo 180° ao valor da direção do vento médio que se encontra no ponto 1, para que o valor resultante se enquadre entre 0° e 360°: esta operação vai permitir alterar a direção de onde sopra o vento e para onde sopra o vento, pois as correntes são sempre relativas à direção para onde seguem.

Para o preenchimento desta folha de cálculo é necessário efetuar algumas análises a uma série de gráficos e tabelas: para o preenchimento do ponto 3 e 4 desta folha é necessário consultar o *Appendix N* do IAMSAR, que neste trabalho se encontra no Anexo B.

No ponto 4 obtém-se, através da análise da Figura N-1 do *Appendix N*, a divergência da corrente marítima, que traduz o ângulo a ser adicionado ao valor do *downwind*. Pela análise dessa mesma figura (N-1), retira-se que para este caso é necessário adicionar 30° à direção da *Wind Current*, isto, por a LKP se situar a mais de 10° de latitude no hemisfério Norte<sup>18</sup>.

Nesta fase, já é possível ver reunida a informação necessária para preencher o ponto B-3 da folha de cálculo de segundo nível *Total Water Current Worksheet*, já mencionada nos parágrafos anteriores. Tendo em consideração a informação disponível acerca da corrente marítima, podemos então calcular o vetor total da corrente marítima: este cálculo resulta da soma dos vetores de corrente, que pode ser feito a partir de ferramentas informáticas ou através de uma rosa de manobras. No ponto 5 desta folha de cálculo deverão ser introduzidos os valores da corrente resultante TWC. No ponto 7 desta folha de cálculo é calculado o erro relativo à TWC.

### **Etapa E - Abatimento**

A Etapa E (Figura 25) tem como objetivo determinar o *Leeway*, ou seja, o abatimento resultante da ação do vento na superfície de contato com este do objeto em

---

<sup>18</sup> Segundo o IAMSAR, e baseado no efeito de Coriolis, os ângulos de divergência a serem aplicados no cálculo do vetor *Wind Current* é relativo à latitude da LKP. Caso esta se encontre a mais de 10°N o ângulo a aplicar será de 30° para a direita, se a mais de 10°S, 30° para a esquerda. Nas situações em que a LKP se encontra entre os 10°N e os 10°S não será adicionado nenhum ângulo de divergência.

questão. Esta etapa requer o preenchimento de mais uma folha de cálculo auxiliar, neste caso trata-se da *Leeway Worksheet*, representada na Figura 26.

<b>E</b>	<b>Leeway (LW)</b> (Attach <b>Leeway (LW)</b> worksheet)			
1	Left of downwind	<u>035</u>	°T	<u>0.6</u> kts
2	Right of downwind	<u>075</u>	°T	<u>0.6</u> kts
3	Probable leeway error ( $LW_e$ )			<u>0.1</u> kts

Figura 25 - Etapa E - Leeway

No ponto 1 da folha de cálculo representada na Figura 26 são introduzidos os valores do ASW, calculados anteriormente; no ponto 2 é novamente calculado o *downwind direction* através da adição ou subtração de 180°, de modo a que este valor se situe entre 0° e 360°.

Para o preenchimento do ponto 3 é necessário consultar a *figure N-2* ou *N-3*, disponíveis no Appendix N do IAMSAR e no Anexo B desta dissertação. Para retirar os valores pretendidos destes gráficos é necessário ser conhecedor do objeto de deriva: neste

1	Average surface wind (ASW) (from <b>Datum worksheet</b> , line C.1)	<u>235</u>	°T	<u>17.9</u> kts
2	Downwind direction (ASW direction $\pm$ 180°)			<u>055</u> °T
3	Leeway speed (from <b>figure N-2</b> or <b>N-3</b> )			<u>0.6</u> kts
4	Leeway divergence angle (from <b>figure N-2</b> or <b>N-3</b> )		$\pm$	<u>20</u> °
5	Leeway directions			
a	Left of downwind (line 2 – line 4)	<u>035</u>	°T	
b	Right of downwind (line 2 + line 4)	<u>075</u>	°T	
6	Leeway (LW)			
a	Left of downwind	<u>035</u>	°T	<u>0.6</u> kts
b	Right of downwind	<u>075</u>	°T	<u>0.6</u> kts
7	Probable leeway error ( $LW_e$ ) (from <b>figure N-2</b> or <b>N-3</b> )			<u>0.1</u> kts
8	Go to <b>Part E</b> on the <b>Datum worksheet</b> .			

Figura 26 –Etapa E (Leeway Worksheet)

caso, trata-se de uma balsa com canopia e lastro (sem drogue) (*shallow ballast with no drogue*). Após a consulta dos gráficos, extrai-se a informação relativa ao abatimento do objeto.

Após se extrair dos gráficos a informação do abatimento relativa ao objeto, deve também ser registado o ângulo de divergência do mesmo (*divergence angle*) e o erro associado em velocidade (que serão utilizados no ponto 4 e 7, respetivamente, nesta folha de cálculo).

Após o preenchimento dos pontos 4, 5 e 6 obtemos, então, os valores resultantes de abatimento do objeto (para a esquerda e para a direita), que serão introduzidos nos pontos E-1 e E-2 da Figura 25.

### Etapa F – Deriva total à superfície

A Etapa F (Figura 27) do método IAMSAR visa obter a informação final no que à deriva marítima diz respeito: com recurso a uma ferramenta informática ou a uma rosa de manobra, são somados os vetores da *Total Water Current* e do *Leeway*. O resultado serão os dois vetores de deriva mais provável do objeto em questão, neste caso, da balsa. No ponto F-4 é calculado o erro associado ao vetor de deriva.

<b>F Total surface drift</b>			
Use a manoeuvring board or calculator to add Total water current and Leeway vectors. (See figure K-1a)			
		(left of downwind)	(right of downwind)
1	Drift directions	<u>087</u> °T	<u>104</u> °T
2	Drift speeds	<u>0.92</u> kts	<u>1.22</u> kts
3	Drift distances (line F.2 × line B.2)	<u>12.88</u> NM	<u>17.08</u> NM
4	Total probable drift velocity error ( $DV_e$ ) ( $DV_e = \sqrt{ASWDV_e^2 + TWC_e^2 + LW_e^2}$ )		<u>0.53</u> kts

Figura 27 – Etapa F (Total surface drift)

### Etapa G – Posições de deriva finais e respetiva distância de divergência

Na Etapa G (Figura 28) são expressas as coordenadas relativas à adição dos valores definidos em F-3 no azimuth definido em F-1 à LKP. Estes dois pontos



representam as posições mais prováveis onde o objeto se poderá encontrar. No ponto G-3 é calculada a diferença em milhas náuticas entre as duas posições calculadas.

<b>G</b>	<b>Datum positions and divergence distance</b> Using a chart, universal plotting sheet or calculator, determine the datum positions and divergence distance (DD) (See figure K-1b)		
1	Latitude, longitude (left of downwind)	<u>38°30,57' N</u> S	<u>011°15,7' W</u> E
2	Latitude, longitude (right of downwind)	<u>38°26,38' N</u> S	<u>011°11,6' W</u> E
3	Divergence distance (DD)		<u>5.28</u> NM

Figura 28 – Etapa G (Datum positions and divergence distance)

### Etapa H – Total Probable Error of Position (E) and Separation Ratio (SR)

<b>H</b>	<b>Total probable error of position (E) and separation ratio (SR)</b> (Attach Total probable error of position (E) worksheet)		
1	Total probable error of position squared ( $E^2$ )	<u>55.0</u>	NM <sup>2</sup>
2	Total probable error of position (E)	<u>7.42</u>	NM
3	Separation ratio ( $SR = DD/E$ )	<u>0.71</u>	
4	Go to the <b>Total available search effort worksheet</b> .		

Figura 29 - Etapa H (Total Probable Error of Position and Separation Ratio)

A Etapa H (Figura 29) é a última etapa a ser considerada, uma vez que esta dissertação apenas prevê a determinação de derivas marítimas: com ela pretende-se obter o erro associado às posições estimadas durante o processo levado a cabo até ao momento e será necessário, mais uma vez, preencher uma folha de cálculo, a *Total Probable Error of Position (E) Worksheet*.

A *Total Probable Error of Position* (Figura 30) traduz a medida de incerteza relativa às posições determinadas: é o raio total das circunferências centradas nas posições estimadas, com base na incerteza que representam – consideradas, então, como sendo as áreas de busca.

Para compreender e preencher devidamente esta folha de cálculo, é necessário ter a noção antecipada de que todo grupo A se refere ao objeto que está a sofrer deriva (neste

caso trata-se de uma balsa); no entanto, no Apêndice A é já fornecido o valor do ponto A-6 desta mesma folha de cálculo.

O grupo B é calculado com base nos dados já determinados em pontos anteriores: deste grupo obtém-se o erro da deriva calculada em função do tempo total decorrido até ao início das buscas. O grupo C é, todo ele, referente às plataformas que irão ser empenhadas nas operações de busca, sendo que este valor é também fornecido no

<b>A</b>	<b>Probable distress incident/initial position error (X)</b> (Go to <b>line 1</b> to compute probable error of the distress incident position. Go to <b>line 6</b> if the starting position for this drift interval is a previous datum.)	
1	Navigational fix error (from <b>table N-1</b> or <b>N-2</b> )	_____ NM
2	Dead reckoning (DR) error rate (from <b>table N-3</b> )	_____ %
3	DR distance since last fix	_____ NM
4	DR navigational error ( <b>line A.2</b> × <b>line A.3</b> )	_____ NM
5	Glide distance (if aircraft/parachute descent heading is unknown)	_____ NM
6	Probable initial position error (X) (X = <b>line A.1</b> + <b>line A.4</b> + <b>line A.5</b> ) or (X = Total probable error of position from <b>line H.2</b> of previous <b>Datum worksheet</b> )	<u>0.1</u> NM
<b>B</b>	<b>Total probable drift error (<math>D_e</math>)</b>	
1	Drift interval (from <b>line B.2</b> of the <b>Datum worksheet</b> )	<u>14</u> hours
2	Probable drift velocity error ( $DV_e$ ) (from <b>line F.4</b> of the <b>Datum worksheet</b> )	<u>0.53</u> kts
3	Total probable drift error ( $D_e$ ) ( $D_e$ = <b>line B.1</b> × <b>line B.2</b> )	<u>7.42</u> NM
<b>C</b>	<b>Probable search facility position error (Y)</b>	
1	Navigational fix error (from <b>table N-1</b> or <b>N-2</b> )	_____ NM
2	Dead reckoning (DR) error rate (from <b>table N-3</b> )	_____ %
3	DR distance since last fix	_____ NM
4	DR navigational error ( <b>line C.2</b> × <b>line C.3</b> )	_____ NM
5	Probable search facility position error (Y) (Y = <b>line C.1</b> + <b>line C.4</b> )	<u>0.1</u> NM

Figura 30 - Etapa H (Total Probable Error of Position)

enunciado do exercício. O grupo D será onde se obtém definitivamente o valor de erro associado às posições estimadas.

No ponto E-2 é introduzido o valor do erro total associado à posição, valor esse que apenas poderá ser estimado com recurso à já referida *Total Probable Error of Position (E) Worksheet*.

Nesta fase temos toda a informação necessária para determinar o *Total Probable Error of Position*, sendo este o objetivo do grupo H. No final desta etapa, obtemos a última informação a ser calculada neste método IAMSAR: o erro associado às posições de deriva e, consequentemente, áreas de busca.

No final de todo o processo de cálculo, é relevante passar a informação mais relevante para uma carta devidamente escolhida de acordo com a escala e o propósito: isto vai permitir visualizar os dados de forma gráfica, fornecendo uma noção espacial da situação que se encontra a decorrer. Deverá, assim, ser referenciada a informação relativa à LKP, ao *Datum 1* e ao *Datum 2*. Em torno destes dois pontos deverá ser inscrita uma circunferência cujo raio é igual ao valor do *Total Probable Error of Position (E)*.

Sendo a análise deste método meramente para fins de estudo e pretendendo apenas explicar os processos relativos ao cálculo da deriva definidos pelo IAMSAR, não serão resolvidas as folhas de cálculo relativas à otimização do empenhamento dos meios.

Após a resolução deste caso prático, é de notar o tempo que este processo leva até ficar concluído (tendo, neste caso em concreto, demorado aproximadamente 50 minutos). Com a resolução deste exercício pretende-se não só explicar o processo efetuado pelo programa “IAMSAR Drift”, mas também dar realce à complexidade do mesmo.

## 2.4. PROGRAMA “IAMSAR DRIFT”

Este *software*, designado por “IAMSAR Drift”, nasce com o objetivo de efetuar o cálculo das posições de deriva de um determinado objeto no mar utilizando o método IAMSAR e expressar graficamente essas mesmas posições.

As etapas estipuladas no IAMSAR para o cálculo de um *datum* fazem parte de um processo bastante moroso, pelo que ao criar uma ferramenta que permitisse a

automatização deste mesmo processo, iria diminuir a demora na resposta por parte do MRCC e libertar tempo ao elemento responsável pelo cálculo da deriva, para que este, utilize esse mesmo tempo nos processos de decisão. Com cada aplicação manual do método IAMSAR, foram surgindo ideias de como as várias etapas do processo deviam ser automatizados, agilizando assim, toda a formulação do método.

Todas as etapas descritas no IAMSAR para o cálculo da deriva foram bases essenciais para o desenvolvimento deste *software*: como já referido, a presente dissertação de mestrado pretende analisar e disponibilizar uma ferramenta que crie e expresse graficamente as derivas de objetos no mar. O método IAMSAR contempla muitos outros cálculos que não são abordados neste trabalho por se encontrarem fora do contexto do mesmo.

#### 2.4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROGRAMA “IAMSAR DRIFT”

Um sistema de processamento e visualização de dados / informação interativo, usado para ajudar no processo de tomada de decisão, que: é suficientemente amigável para ser usado por quem toma as decisões, apresenta a informação num formato e terminologia familiar para os seus utilizadores, é seletivo na quantidade de informação que apresenta, de modo a evitar a sobrecarga dos utilizadores com informação menos útil. Estas são as características que segundo Turban (2005) um SAD (Sistema de Apoio à decisão) deve possuir. Posto isto, pode-se então afirmar que esta ferramenta se considera um SAD, pois o seu objetivo é precisamente auxiliar o SMC (*Search and rescue Mission Co-ordinator*) na tomada de decisão, apresentando-lhe informação relevante e quantificada.

Este programa foi concebido na linguagem MATLAB, ferramenta que segundo a Mathworks (s.d.), milhões de engenheiros e cientistas em todo o mundo utilizam para analisar e projetar sistemas e produtos.

A linguagem MATLAB é baseada em matrizes, pois esta é a maneira mais natural do mundo de expressar matemática computacional. Os gráficos já integrados no programa facilitam a visualização e a obtenção de dados; o ambiente de trabalho é apelativo à exploração e descoberta e todas as ferramentas do MATLAB e as suas capacidades são rigorosamente testadas e projetadas para trabalhar juntas. Com o MATLAB é ainda

possível executar análises em conjuntos de dados provenientes de outros locais que não a própria máquina e projetar essas mesmas análises ou dados também para o exterior (como as *clouds*<sup>19</sup>).

O Código MATLAB pode ainda ser integrado com outras linguagens de programação, permitindo que se implemente algoritmos e aplicações a ser utilizados em conjunto com outros softwares.

Esta ferramenta é composta por vários componentes: o *hardware* (neste caso, serão as máquinas onde se encontrar o *software*), o *software* (a própria ferramenta “IAMSAR DRIFT”), os dados/informação (que irão alimentar o modelo de cálculo), as pessoas (os operadores do *software*) e os métodos ou procedimentos (que no caso, são os do IAMSAR).

### **Origem dos dados meteorológicos**

Para que os cálculos sejam efetuados pelo “IAMSAR DRIFT” é necessário recorrer à utilização de dados meteorológicos, pelo que o modelo adotado foi o ALADIN: isto deve-se ao facto de que o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) envia diariamente para o IH um ficheiro no formato GRIB (*GRIdded Binary*), que contém vários dados meteorológicos a partir do qual é extraída a informação relativa ao vento a 10m da superfície.

O ALADIN consiste num modelo de previsão numérica da meteorologia para uma área limitada: este modelo foi desenvolvido no âmbito do projeto internacional ALADIN, por vários grupos de previsão numérica da Europa e do Norte de África, sob coordenação da Météo-France (IPMA, s.d.).

Segundo o IPMA (s.d.), em Portugal, a versão operacional do ALADIN é modelada com período de integração até às 72 horas, numa área geográfica delimitada

---

<sup>19</sup> A informática na *cloud* é o fornecimento de serviços informáticos — servidores, armazenamento, bases de dados, rede, *software*, análises, entre outros — através da Internet (*a cloud*). Fonte: MICROSOFT AZURE (s.d.) in [<https://azure.microsoft.com/pt-pt/overview/what-is-cloud-computing/>]

pelos paralelos 47°N e 28°N e pelos meridianos 37°W e 0°W, com 46 níveis verticais e resolução horizontal de 9 km.

Os principais parâmetros de superfície são, segundo o IPMA (s.d.), a pressão à superfície, pressão atmosférica ao nível médio do mar, temperatura e humidade relativa do ar a 2 metros, temperatura máxima e temperatura mínima do ar a 2 metros, temperatura e humidade do solo, vento zonal e meridional a 10 metros, rajada a 10 metros, cobertura nebulosa, precipitação convectiva e precipitação de larga escala, precipitação de neve, altura da isotérmica de 0°C e índice CAPE.

Os parâmetros de altitude são: o geopotencial, a temperatura, o vento zonal, vento meridional, velocidade vertical, humidade relativa (IPMA, s.d.).

No processo de cálculo do programa “IAMSAR DRIFT” é apenas utilizado um ficheiro no formato de tabela (MAT) que contém o vento para os 10m à superfície: é assim, pois não existe necessidade de sobrecarregar o programa com dados que não irão ser utilizados, uma vez que dos dados fornecidos por este modelo, apenas o vento a 10m à superfície é necessário para calcular a deriva.

#### 2.4.2. INTERFACE GRÁFICA

O “IAMSAR DRIFT” traduz o avanço tecnológico no cálculo de *datums*, já que a componente de cálculo existia sob forma de métodos manuais (apesar de, mais recentemente, serem auxiliados por folhas em *Excel* - de forma não otimizada - e continuando a manter o processo de cálculo de *datum* bastante moroso).

Esta componente foi delineada em ambiente *MATLAB*, nomeadamente com recurso ao *MATLAB GUI (Graphical User Interface)*. É esta interface gráfica que permite representar espacialmente a informação estimada através dos *scripts* e funções que fazem parte do programa. Uma das características deste projeto, reside na sua flexibilidade e possibilidade de, no futuro, o código ser reutilizado em novos algoritmos para procurar soluções de novos problemas e desafios: esta aplicação poderá e deverá evoluir de forma a integrar novas funcionalidades que permitam auxiliar o MRCC no processo de decisão.

Na Figura 31, abaixo representada, podemos observar o ambiente gráfico do “IAMSAR DRIFT” no seu estado inicial, sem dados (consultar Apêndice B para compreender o modo de utilização do IAMSAR DRIFT).

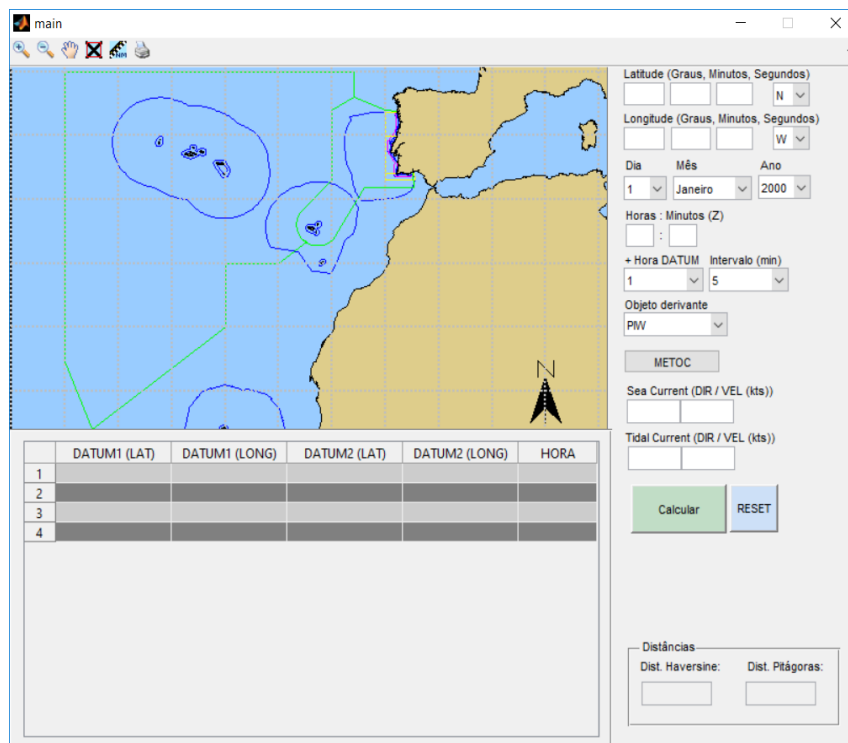


Figura 31 – Ambiente gráfico do software “IAMSAR DRIFT”

Como se pode observar na Figura 31, os dados que são necessários introduzir na interface gráfica são:

- A última posição geográfica conhecida do objeto de deriva (LKP);
- O grupo data-hora (GDH);
- A diferença em horas para a qual o utilizador pretende calcular a posição de deriva;
- O intervalo de tempo (em minutos) entre pontos;
- O objeto de deriva;
- Se conveniente, a corrente oceânica (*Sea Current*) e/ou a corrente de maré (*Tidal Current*).

Para a representação dos resultados, a interface deste *software* contém três componentes: estas permitem que o utilizador tire maior proveito do *software*, pois é onde os dados calculados são representados.

O mapa-mundo é uma das funcionalidades de origem do *MATLAB*, que permite ser configurado de modo a ser representada a área desejada com os parâmetros que o programador pretender. Neste, foram adicionadas algumas áreas de interesse tais como as SRR (*Search and Rescue Region*), a ZEE (Zona Económica Exclusiva), as Zonas Marítimas e o mar territorial.

É também possível utilizar algumas ferramentas criadas com o propósito de auxiliar o utilizador na obtenção de informação: estas ferramentas encontram-se no canto superior esquerdo do mapa-mundo (como se pode observar da Figura 32) e permitem: aumentar o *zoom*, diminuir o *zoom*, movimentar o mapa, marcar pontos para obtenção de coordenadas geográficas, medir distâncias e obter azimutes e, por fim, imprimir os dados obtidos.

O painel contém a tabela dos *datums* calculados, em que cada linha representa os *datums* da direita e da esquerda (*datum1* e *datum2*, respetivamente) e a hora, ou intervalo de tempo associado. A primeira linha representa sempre a LKP, pelo que a posição geográfica desta é apresentada nas colunas do *datum1*.

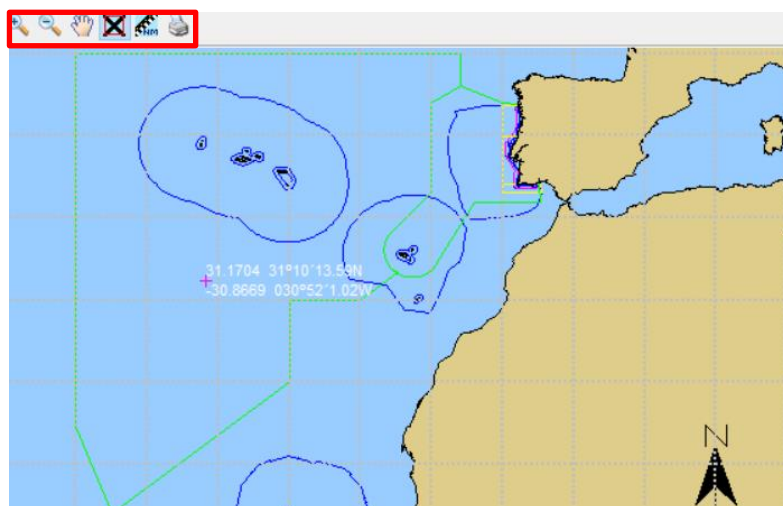


Figura 32 – Funcionalidades do *software* “IAMSAR DRIFT”



Por fim, existe um pequeno painel que calcula a distância entre a LKP e a última posição de deriva: divididas em duas caixas, uma representa a distância calculada através de trigonometria esférica e a outra através do teorema de Pitágoras. Nas distâncias mais longas pode verificar-se a diferença de valores; no entanto, quando se trata de distâncias curtas, pode constatar-se que as diferenças não são relevantes.

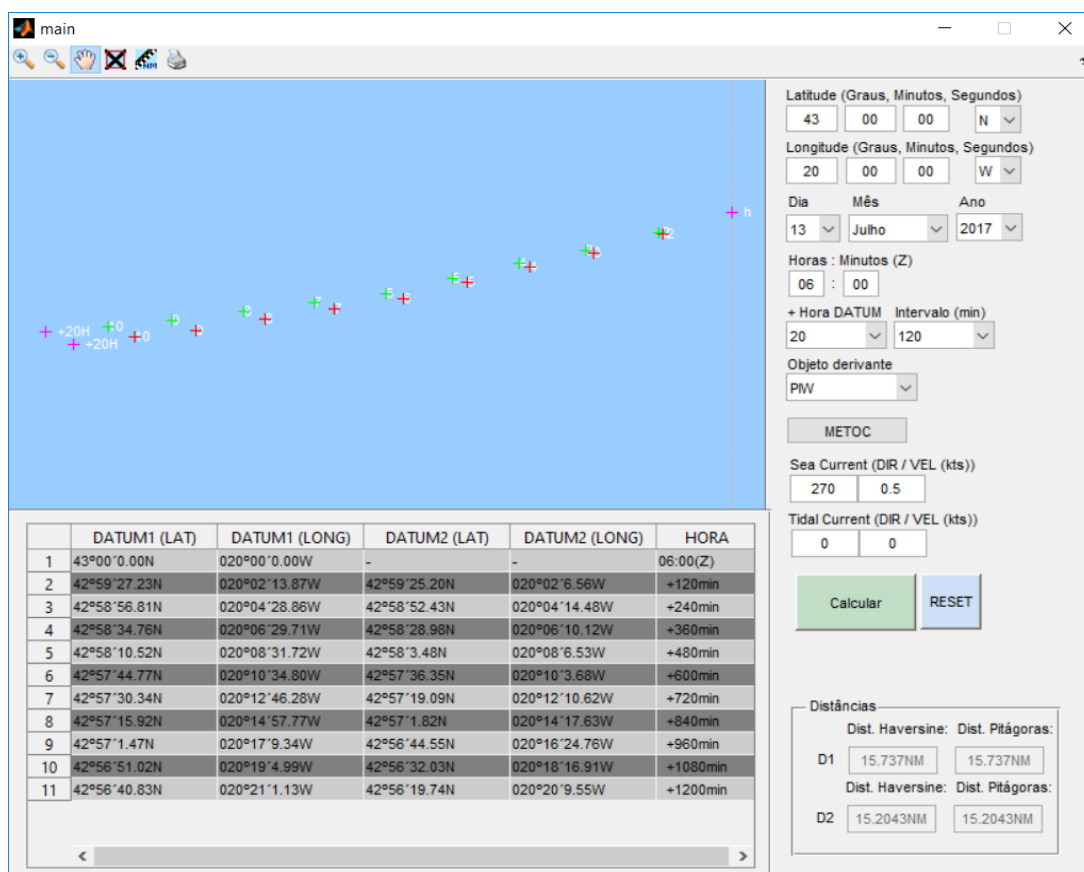


Figura 33 –Painel do “IAMSAR DRIFT”

### 2.4.3. O CÁLCULO DA DERIVA

Como enunciado anteriormente, existem uma série de dados que o utilizador necessita de introduzir para que os *datums* sejam calculados: após a sua introdução, é necessário efetuar uma ação antes de clicar no botão “Calcular”.

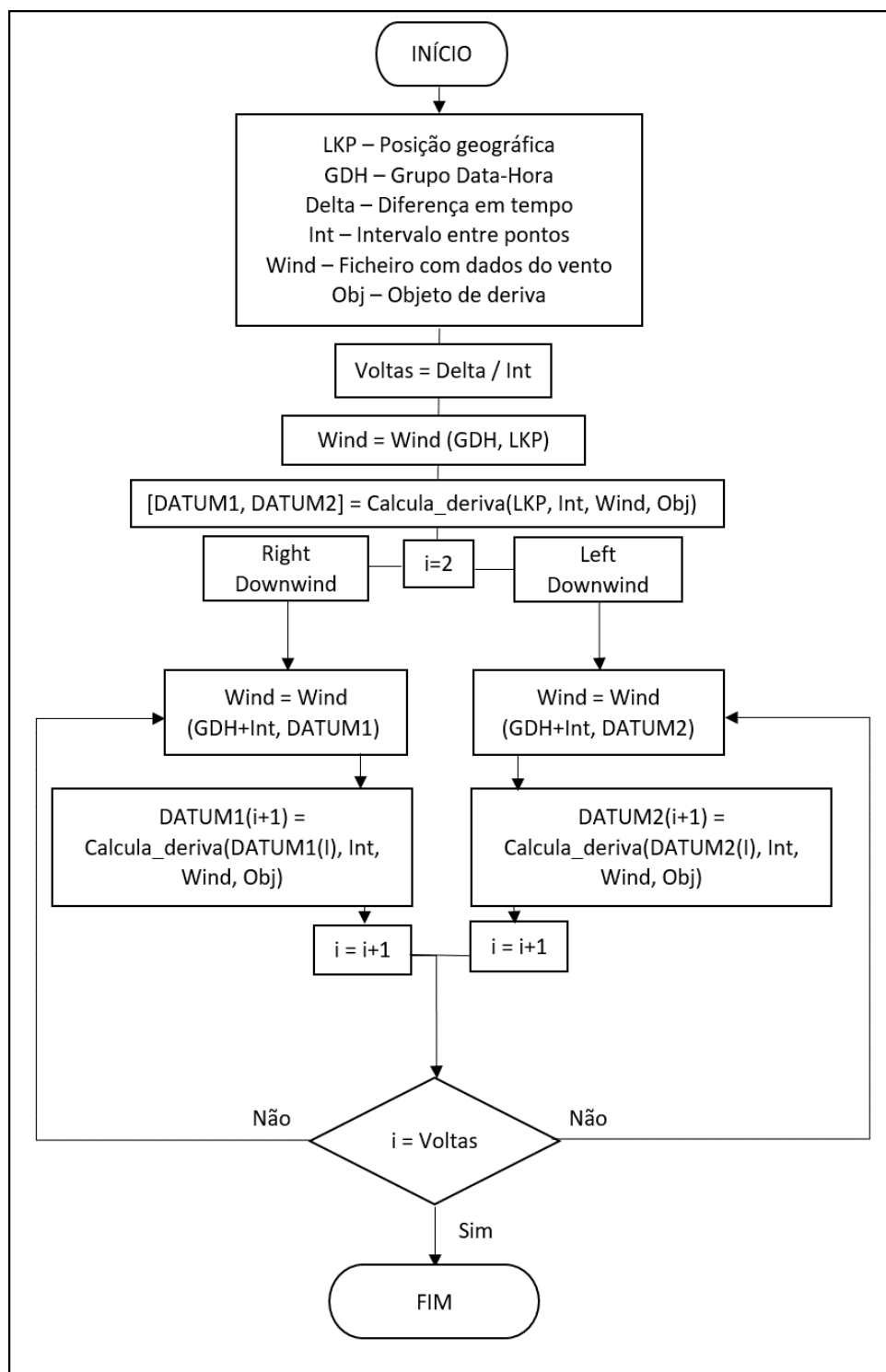


Figura 34 –Fluxograma do funcionamento do “IAMSAR DRIFT”: primeiras ações

Esta ação consiste no carregamento do ficheiro de vento no formato “.MAT”, extraído a partir do ficheiro *GRIB* fornecido diariamente pelo IPMA: após terem sido inseridos todos os dados, bem como o ficheiro de vento, o utilizador pode acionar o botão “Calcular” que irá despoletar uma série de ações que poderão ser melhor compreendidas no fluxograma acima retratado (Figura 34).

De um modo geral, cada *DATUM* refere-se a uma posição para um dado GDH que será sempre acrescido do intervalo entre pontos: o processo de cálculo de *datums* repete-se até que seja atingido o GDH final. O *datum1* e *datum2* referem-se ao *datum* da direita e *datum* da esquerda, respetivamente. Inicialmente é chamada a função “Calcula\_deriva” que irá calcular um *DATUM* da direita e um *datum* da esquerda; após isto, o programa entra num ciclo que irá calcular só os *datums* da direita e noutro ciclo para os *datums* da esquerda. No final de cada ciclo é projetado no mapa e adicionado à tabela o *datum* ao qual se refere o número do ciclo.

Assim que a função “Calcula deriva” é chamada, o programa efetua algumas ações: inicialmente, esta função tem de receber alguns parâmetros, entre os quais a posição (a partir da qual será calculado o novo *datum*), a diferença de tempo entre o GDH inicial e o final desejado (em horas), o vetor de vento (direção, intensidade), a corrente oceânica, a corrente de maré e, por fim, o objeto de deriva. As ações despoletadas podem ser melhores compreendidas no seguinte fluxograma (Figura 35):

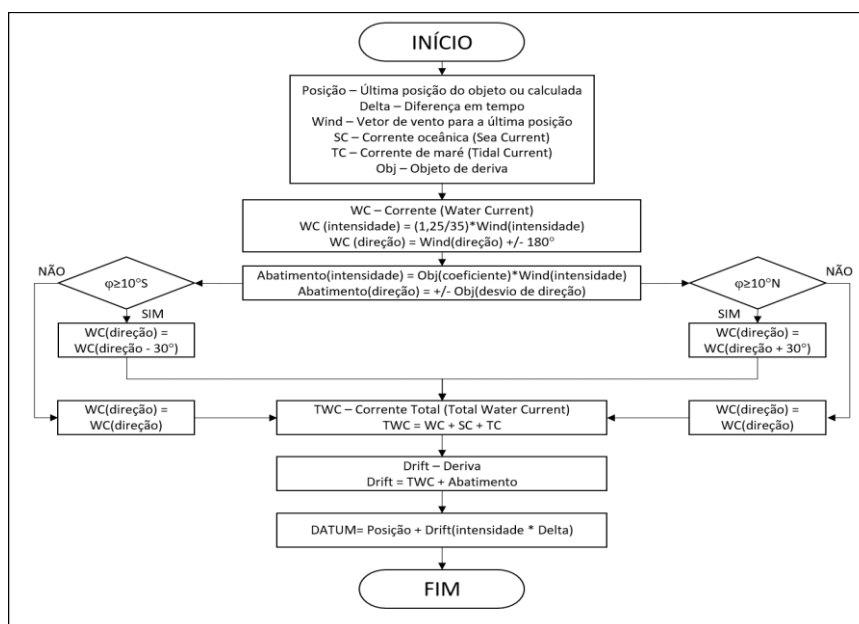


Figura 35 – Fluxograma do funcionamento do “IAMSAR DRIFT”: segundas ações

A soma de vetores é calculada através da regra do paralelogramo: esta regra é habitualmente aplicada de um modo manual através da transposição de um vetor para o final de outro, como representado na Figura 36.

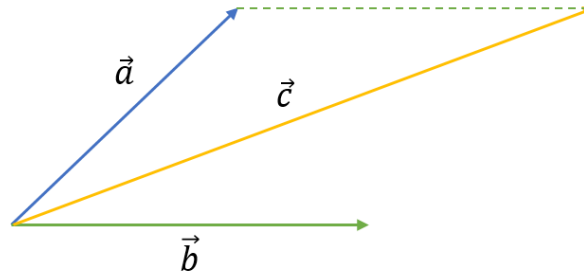


Figura 36 – Regra do Paralelogramo

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

Equação 16 – Regra do Paralelogramo

Esta regra pode ser traduzida em equações que permitam que o computador efetue soma vetorial: as seguintes equações expressam a soma entre dois vetores:

Diferença angular entre vetores:

$$\theta = \vec{b}_{dir} - \vec{a}_{dir}$$

Equação 17 – Diferença angular entre vetores<sup>20</sup>

Soma do vetor  $\vec{a}$  com o vetor  $\vec{b}$ , decomposto em direção e magnitude:

$$\vec{c}_{dir} = \vec{a}_{dir} + \tan^{-1} \frac{\vec{b}_{mag} * \sin \theta}{\vec{a}_{mag} + \vec{b}_{mag} * \cos \theta}$$

Equação 18 – Soma de Vetores, em direção

$$\vec{c}_{mag} = \sqrt{\vec{a}_{mag}^2 + \vec{b}_{mag}^2 + 2 * \vec{a}_{mag} * \vec{b}_{mag} * \cos(\theta)}$$

Equação 19 – Soma de Vetores, em magnitude

<sup>20</sup> Fonte: MATHSTOPIA (s.d.) in <https://www.mathstopia.net/vectors/parallelogram-law-vector-addition>

#### 2.4.4. MELHORIAS AO “IAMSAR DRIFT”

O programa “IAMSAR Drift” encontra-se na sua primeira versão pelo que existem muitas melhorias a serem introduzidas no futuro por forma a tornar a aplicação mais intuitiva e robusta: desde alertas ao utilizador (caso este insira dados no formato incorreto), à possibilidade de receber dados das marés e da corrente oceânica automaticamente, dependendo da distância de costa.

Este programa foi feito com o objetivo de calcular *datums* e não áreas de busca; no entanto, está preparado para efetuar o cálculo das mesmas, pois na sua conceção foram adicionadas variáveis relativas aos erros. Será possível, posteriormente, adicionar um raio em relação aos *datums* com uma distância calculada a partir dos erros, obtendo assim a área de busca.

Contudo, este programa será deixado em código aberto (*open source*) - com o intuito de, futuramente, poder ser modificado e ajustado com as necessidades -, deixando assim, a possibilidade de evoluir o programa e torná-lo numa ferramenta operacional.

# **CAPÍTULO 3**

## **ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO “IAMSAR DRIFT”**

### **4.1. RESOLUÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO**

### **4.2. COMPARAÇÃO COM O “DERIVA IH”**

### 3. CAPÍTULO 3 – ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO “IAMSAR DRIFT”

Por forma a acreditar o software “IAMSAR Drift”, torna-se necessário efetuar testes que permitam avaliar o seu desempenho. Para validar este software foram escolhidos alguns casos reais: os dados foram fornecidos pelo MRCC Lisboa, que serviram como casos de estudo para termos de comparação dos resultados com situações em contexto real.

Os casos de estudo encontram-se no Apêndice C: para cada caso é apresentada uma pequena descrição do incidente e das características do objeto de deriva e ainda alguns dados essenciais que permitam o cálculo da deriva, nomeadamente a LKP e o GDH ao qual se refere. Para que o software “IAMSAR Drift” calcule os *datums*, é ainda necessário ter os ficheiros de vento referentes ao dia de cada caso (estes ficheiros foram requisitados à Divisão de Oceanografia do IH). Além destes dados, encontram-se no referido anexo mais algumas informações que permitirão voltar a montar o cenário do incidente, possibilitando comparar os resultados que efetivamente foram verificados com aqueles que serão obtidos através do “IAMSAR Drift”.

Para iniciar este processo de validação, cada caso foi introduzido no software “IAMSAR Drift” cujo objetivo foi obter os *datums* individualmente. Na descrição dos casos presentes no Apêndice C, encontram-se as posições reais dos objetos de estudo onde os mesmos foram encontrados ou para os quais foram reportados a sua posição final de deriva.

Neste processo são analisadas se as posições calculadas pelo “IAMSAR Drift” se encontram próximas das posições de deriva reais, o que, a verificar-se, será compreendido como um resultado positivo (como mais à frente será demonstrado). Esta análise baseia-se na comparação da proximidade da posição fornecida pelo programa “IAMSAR Drift” com a posição real de deriva do objeto de estudo, comparando ainda com a posição calculada pelo “Deriva IH”: desta forma, conseguir-se-á determinar a exatidão desta ferramenta para os casos estudados.

### 3.1. RESOLUÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

Através da informação disponível no apêndice C, foram reconstruídos, com recurso ao “IAMSAR Drift”, os cenários relativos a cada um dos casos SAR que se encontram em apêndice. Tendo em conta a posição real para onde o objeto de estudo derivou, que corresponderá à deriva real, é possível efetuar uma comparação com os resultados obtidos com o “IAMSAR Drift”, sendo assim possível obter uma medida de comparação que possibilitará validar os resultados obtidos.

#### Caso 075/16:

No caso 075/16, o objeto de deriva trata-se de um *Kayak*: podemos constatar que, sendo um *kayak* com um ou mais tripulantes, estes podem remar por forma a tentar alcançar alguma posição - ou seja, neste caso o objeto pode não ter derivado durante as 5h e 30m: possivelmente tentaram aproximar-se de terra, mas sem sucesso. Isto explicaria o facto da posição real na qual foi resgatado, se encontrar mais próximo das ilhas Berlengas. No entanto, existe outro fator que poderá ter influenciado o erro induzido no cálculo da deriva; isto advém do facto deste caso se situar muito próximo de costa, tendo já a influência da maré e também das correntes do local afetadas pela batimetria.

Para a análise deste caso, o ideal seria conhecer a sua trajetória por forma a aferir se houve alterações de rumo durante o seu percurso. Contudo, mesmo considerando os fatores a cima descritos, é de notar a proximidade da posição calculada pelo “IAMSAR Drift” com a posição real de deriva, sendo que se fosse aplicada uma área de busca, esta iria conter a posição real do objeto.



Figura 37 – Caso 075/16 no mapa





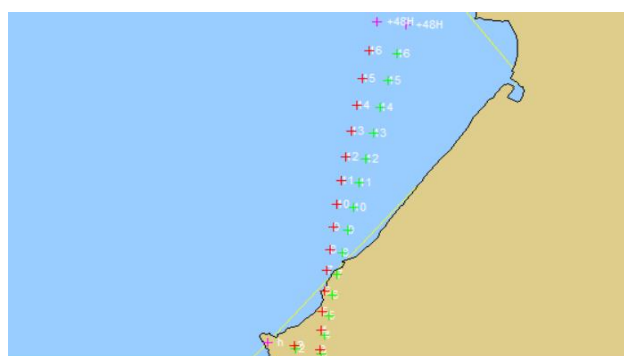
	DATUM1 (LAT)	DATUM1 (LONG)	DATUM2 (LAT)	DATUM2 (LONG)	HORA
1	39°21'7.80N	009°30'25.80W	-	-	14:30(Z)
2	39°20'22.12N	009°31'11.44W	39°20'26.58N	009°30'0.26W	+30min
3	39°19'36.26N	009°31'57.05W	39°19'45.37N	009°29'34.87W	+60min
4	39°18'50.26N	009°32'42.61W	39°19'4.24N	009°29'9.71W	+90min
5	39°18'4.13N	009°33'28.12W	39°18'23.19N	009°28'44.77W	+120min
6	39°17'17.89N	009°34'13.55W	39°17'42.21N	009°28'20.06W	+150min
7	39°16'31.56N	009°34'58.89W	39°17'1.28N	009°27'55.56W	+180min
8	39°15'45.14N	009°35'44.12W	39°16'20.42N	009°27'31.26W	+210min
9	39°14'58.65N	009°36'29.23W	39°15'39.61N	009°27'7.17W	+240min
10	39°14'12.13N	009°37'14.19W	39°14'58.85N	009°26'43.28W	+270min
11	39°13'25.64N	009°37'58.99W	39°14'18.14N	009°26'19.58W	+300min

Objeto de deriva: Kayak  
 Período de deriva: 05,5H  
 Deriva real: 7,3 NM  
 Deriva “IAMSAR Drift”: 8,6 NM  
 Deriva “Deriva IH”: 2,05 NM  
 Distância entre real e calculada  
 “IAMSAR Drift”: 2,2 NM  
 Distância entre real e calculada  
 “Deriva IH”: 5,45 NM  
 Orientação da deriva calculada  
 “IAMSAR Drift”: idêntica

Figura 38 – Caso 075/16 no software “IAMSAR DRIFT”

### Caso 019/17:

Este caso foi escolhido por dois motivos: primeiramente, devido à escassez de casos com dados suficientes para reconstruir cenários completos; segundo, para demonstrar uma falha do programa de cálculo da deriva.



	DATUM1 (LAT)	DATUM1 (LONG)	DATUM2 (LAT)	DATUM2 (LONG)	HORA
5	39°31'34.45N	009°07'35.89W	39°31'38.34N	009°07'41.76W	+720min
6	39°31'53.72N	009°07'31.61W	39°31'57.21N	009°07'39.66W	+900min
7	39°32'13.59N	009°07'27.00W	39°32'16.74N	009°07'37.15W	+1080min
8	39°32'34.11N	009°07'21.99W	39°32'36.93N	009°07'34.23W	+1260min
9	39°32'55.30N	009°07'16.57W	39°32'57.81N	009°07'30.90W	+1440min
10	39°33'17.18N	009°07'10.73W	39°33'19.46N	009°07'27.14W	+1620min
11	39°33'39.73N	009°07'4.46W	39°33'41.84N	009°07'22.91W	+1800min
12	39°34'2.96N	009°06'57.76W	39°34'4.98N	009°07'18.19W	+1980min
13	39°34'26.87N	009°06'50.63W	39°34'28.89N	009°07'12.97W	+2160min
14	39°34'51.47N	009°06'43.06W	39°34'53.55N	009°07'7.24W	+2340min
15	39°35'16.74N	009°06'35.06W	39°35'18.99N	009°07'1.00W	+2520min
16	39°35'42.66N	009°06'26.62W	39°35'45.18N	009°06'54.24W	+2700min
17	39°36'9.24N	009°06'17.73W	39°36'12.13N	009°06'46.96W	+2880min

Objeto de deriva: PIW  
 Período de deriva: 48H  
 Deriva real: 5,75 NM  
 Deriva “IAMSAR Drift”: 5,25 NM  
 Deriva “Deriva IH”: 2,8 NM  
 Distância entre real e calculada  
 “IAMSAR Drift”: 1,45 NM  
 Distância entre real e calculada  
 “Deriva IH”: 3,15 NM  
 Orientação da deriva calculada  
 “IAMSAR Drift”: idêntica

Figura 39 – Caso 019/17 no software “IAMSAR DRIFT”

Como se pode observar pela Figura 39, acima apresentada, inicialmente a deriva do objeto dirige-se para terra, sendo que é uma falha do programa pois nenhuma deriva poderá contar com uma trajetória sobre terra; no entanto, se considerarmos a deriva final calculada pelo “IAMSAR Drift”, iremos ter uma posição relativamente próxima à do local onde o corpo foi encontrado.

Neste caso em concreto, é de elevada importância realçar o período em que o corpo esteve à deriva: uma previsão de 48h já origina bastante erro no cálculo e, neste caso, além da proximidade de costa (contando com os fatores referidos na análise do caso anterior) deveria ter sido considerada também a rebentação das ondas, pois segundo Newman (s.d.), várias interações hidrodinâmicas significantes acontecem quando um corpo se encontra à deriva junto a costa.



Figura 40 - Caso 019/17 no mapa

### Caso 024/17:

No dia 17 de janeiro de 2017, a embarcação *HCH-X*, com bandeira de Gibraltar, encontrava-se à deriva cerca de 47 NM a sul de Portimão. Este caso, descrito no anexo C desta dissertação, é o que permite aferir uma melhor análise ao “IAMSAR Drift”: nesta situação, todas as condições para a aplicação genérica do método IAMSAR estão reunidas.

Este caso conta com a particularidade de se possuir a informação AIS do mesmo, possibilitando a reconstrução de toda a trajetória de deriva.

Como se pode observar na Figura 41, a posição final real de deriva encontra-se a cerca de 3NM da posição calculada pelo “IAMSAR Drift”; no entanto, é possível notar que entre as 04:00(Z)(+12h) e as 08:00(Z)(+16h) houve uma alteração no rumo, o que não se verifica na trajetória calculada pelo “IAMSAR Drift”.

O mapa, exibido no Google Earth, mostra a trajetória de deriva de uma embarcação. A trajetória real é representada por uma linha vermelha com pontos de localização reais (ícone de alfinete vermelho). A trajetória estimada pelo "IAMSAR Drift" é representada por uma linha amarela com pontos de localização estimados (ícone de alfinete amarelo). A trajetória estimada pelo "Deriva IH" é representada por uma linha verde com pontos de localização estimados (ícone de alfinete verde). A trajetória real começa no ponto "Final" e termina no ponto "LKP". A trajetória estimada pelo "IAMSAR Drift" começa no ponto "Final" e termina no ponto "LKP". A trajetória estimada pelo "Deriva IH" começa no ponto "Final" e termina no ponto "LKP". A trajetória real mostra uma alteração de rumo entre as 04:00(Z)(+12h) e as 08:00(Z)(+16h). A trajetória estimada pelo "IAMSAR Drift" não mostra esta alteração. A trajetória estimada pelo "Deriva IH" também não mostra esta alteração. A trajetória real é mais curta do que a trajetória estimada pelo "IAMSAR Drift". A trajetória real é mais curta do que a trajetória estimada pelo "Deriva IH".

Legenda:

- Posições reais: (ícone de alfinete vermelho)
- Estima “Deriva IH”: (ícone de alfinete verde)
- Estima “IAMSAR Drift”: (ícone de alfinete amarelo)

Google Earth

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Figura 41 – Caso 024/17 no mapa

Analisando o quadro de ventos desse dia, é possível verificar que não se trata de uma alteração na direção do vento pelo que esta mudança de rumo poderá ter origem numa tentativa de reestabelecer a capacidade de manobra da embarcação, pois se verificarmos as milhas náuticas percorridas - desde o período em que este começou a derivar até às 06:00 (Z) -, constatamos que fez uma média de 1.5 NM por cada 2h, tendo das 06:00(Z) às 08:00(Z) e das 08:00(Z) às 10:00(Z) percorrido um total de 2.5NM e 2.4NM, respetivamente.

Considerando os factos relatados no parágrafo anterior, é de salientar a proximidade entre a deriva calculada pelo “IAMSAR Drift” com a posição real de deriva às 06:00 (Z), 1.1NM. Tratando-se de uma embarcação de 28m, qualquer meio empenhado para a posição calculada pelo “IAMSAR Drift”, a encontraria facilmente.

75

Com os resultados obtidos, é possível estabelecer uma comparação com os dados reais de modo a que se consiga conceber uma medida de acreditação nesta ferramenta. Será possível aplicar a ferramenta desenvolvida em casos reais de deriva? Será o grau de confiança da previsão de *datums* suficientemente elevado para empregar de imediato todos os meios necessários nas ações de busca e salvamento marítimo? Quais as vantagens da automatização do método IAMSAR? A diferença de tempo entre a resolução através da ferramenta “IAMSAR Drift” é significativa quando comparada com a resolução manual do mesmo? Estas são as questões que se esperam ver respondidas neste projeto.

O modo mais direto de validar o “IAMSAR Drift” é analisar a distância entre a posição real e a posição calculada: o resultado ideal seria obter posições iguais às de deriva real; como tal, os testes incidem na comparação das distâncias existentes entre a posição real e o *datum* calculado mais próximo.

Nos casos a cima enunciados é possível encontrar a distância entre a posição real e a posição do *datum* calculado mais próximo: a média das distâncias entre estas posições é de aproximadamente 2.2 NM, pelo que, comparando com as distâncias dadas pelo “Deriva IH”, de 5.8 NM, pode-se verificar que as posições obtidas através do “IAMSAR Drift” são significativamente mais próximas.

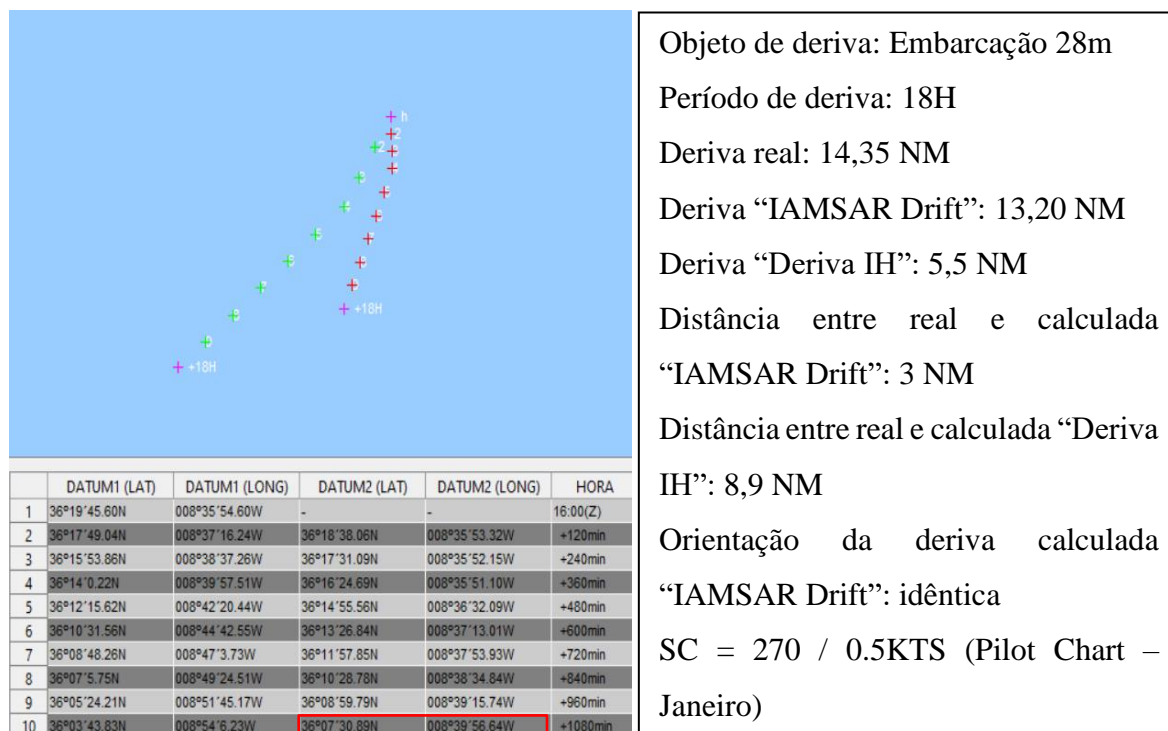


Figura 42 – Caso 024/17 no software “IAMSAR DRIFT”

### 3.2. COMPARAÇÃO COM O “DERIVA IH”

Tendo este capítulo como objetivo a validação do software “IAMSAR Drift”, torna-se relevante enunciar o porquê desta ferramenta poder vir a ser a evolução do “Deriva IH”.

Não havendo acesso ao código fonte do “Deriva IH”, não é possível conhecer detalhadamente os métodos aplicados para o cálculo de deriva; no entanto, através dos dados que são necessários introduzir do programa, consegue-se entender os princípios básicos e algumas das diferenças em relação ao “IAMSAR Drift”.

O “Deriva IH” necessita de algum trabalho antes de poder ser executado, nomeadamente da preparação de um ficheiro de texto com os dados do vento. Este ficheiro é originado através de uma rotina em *MATLAB*, em que o utilizador executa essa mesma rotina, carrega o ficheiro de vento fornecido pelo IPMA (formato *GRIB*), introduz a data e a posição e, posteriormente, a rotina escreve os dados num ficheiro de texto. Após este passo, o utilizador executa o software “Deriva IH”, introduz manualmente os dados de vento que se encontram dentro do ficheiro de texto no programa (Figura 43). O passo seguinte é introduzir no programa as coordenadas da LKP e o GDH a que este se refere. Por fim, o utilizador seleciona o tipo de objeto de deriva e aciona o botão “Calcular” que irá dar início ao processo de cálculo do *datum*.

Deriva v.1.1 - Introdução de dados

Ajuda

Marinha - Instituto Hidrográfico - Div. Oceanografia

**Introdução de dados de vento**

Hora	Intensidade (nós)	Direcção (°)
00		
12		
24		
36		
48		
60		
72		

Nome do ficheiro de resultados

Nome do operador:

**Introdução da posição inicial**

Latitude (GG) Latitude (MM.M) Longitude (-GG Longitude (MM.M))

**Introdução do grupo data hora inicial**

Ano Mês Dia Hora Min

2017 Janeiro 2

**Escolha o objecto à deriva**

Objecto desconhecido

**Cálculo**

Figura 43 - Interface "Deriva IH"

Como se pode verificar, o processo pode ser um pouco moroso e, além do tempo despendido para preparar o programa, é de realçar que apenas são introduzidos uma vez os vetores de vento. Durante um determinado período de deriva, o objeto vai sofrer variações na sua posição, podendo haver algumas mudanças significativas de vento associadas a essas diferentes posições; no entanto, no "Deriva IH" apenas são introduzidos os vetores de vento para a posição inicial e torna-se evidente a necessidade de atualizar estes vetores à medida que são calculadas as posições de deriva ao longo da trajetória do objeto derivante.

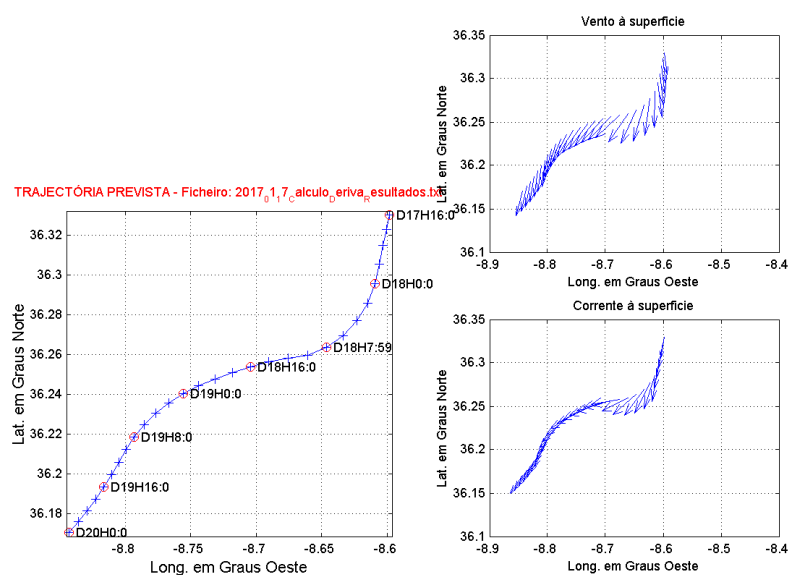


Figura 44 - Produto do "Deriva IH"





## CONCLUSÃO

Concluído o processo relativo à automatização do cálculo de deriva pelo método IAMSAR e validação dos seus resultados, julga-se alcançados os objetivos propostos no início desta dissertação de mestrado.

O método de cálculo de deriva do IAMSAR foi programado em MATLAB, facilitando todo o processo de cálculo para determinação de posições de objetos à deriva na superfície do mar.

Este projeto tinha como principal objetivo desenvolver uma ferramenta com a capacidade de calcular a deriva marítima para determinados objetos, com base no método IAMSAR; sendo que numa ação SAR o tempo é um fator preponderante, denota-se a vantagem do “IAMSAR Drift” neste campo, uma vez que com esta ferramenta se conseguem tempos de cálculo mais reduzidos – tempos estes que devem ser reduzidos ao mínimo, para evitar o erro associado ao processo e, consequentemente, a precisão do modelo.

O cálculo de derivas de objetos no mar é um processo bastante complexo e impossível de prever com 100% de rigor. Tendo em consideração que o resultado seria o mesmo recorrendo ao método manual ou à ferramenta desenvolvida, a utilização deste último é notoriamente mais vantajosa - não apenas pelo tempo que permite poupar, mas também pela sua capacidade de ser ajustado com as necessidades, por forma a conferir melhores resultados.

Além do supramencionado, existem outras tarefas em que o SMC tem de estar focado e esta ferramenta permite que o mesmo tenha mais tempo disponível para essas tarefas e para a tomada de decisão, pois, com o stress acumulado é também possível que seja incutido algum erro humano no processo de cálculo e, automatizando esse processo, diminui-se consideravelmente a probabilidade de erro humano.

A validação ideal da ferramenta “IAMSAR DRIFT” seria através do lançamento de alguns sistemas derivantes com características semelhantes aos objetos de deriva em estudo; porém, tal não foi possível neste trabalho por necessitar de um grande esforço



logístico e tempo. Nesse seguimento, foi feita uma análise através da comparação da previsão do “IAMSAR DRIFT” com as derivas reais de alguns casos passados.

Da análise, verificou-se que os *datums* calculados eram credíveis e próximos das posições reais de deriva: contudo, de acordo com a experiência obtida através do contacto com oficiais do MRCC e com os conhecimentos possuídos de oceanografia, é possível identificar alguns fatores, bastante relevantes, que podem influenciar o rigor no cálculo da deriva. Neste sentido, foram identificados os seguintes fatores que podem contribuir para o aumento do erro associado à posição dos *datums*:

- Não se conhecer com rigor a LKP e/ou GDH;
- Não se conhecer o tipo de objeto que se encontra à deriva;
- Fator de variabilidade das condições meteorológicas e oceanográficas;
- Proximidade de costa, onde existem mais processos geofísicos que influenciam a deriva (além dos abordados nesta dissertação);
- O objeto de deriva não se encontrar a derivar o período todo estimado;
- A influência das ondas em objetos com comprimento superior a 50m (Hackett et al., 2006) – “Deriva de *Stokes*”

Na análise dos casos é possível constatar que as posições obtidas através do “IAMSAR DRIFT” se encontram mais próximas do que os calculados pelo “Deriva IH”; no entanto, é necessário salientar que no “IAMSAR DRIFT” são calculados dois *datums*, sendo que para a análise dos casos foi sempre escolhido o mais próximo.

Em suma, a análise realizada à ferramenta desenvolvida no âmbito deste trabalho permite concluir que esta é uma ferramenta funcional e serve os seus objetivos.

Esta ferramenta encontra-se na sua primeira versão, pelo que muitas melhorias ainda poderão ser introduzidas para que a ferramenta se torne mais robusta, fidedigna e operacional. Como tal, sugerem-se algumas melhorias a abordar em trabalhos futuros:

- Para calcular derivas junto à costa, torna-se necessário subdividir a costa em várias pequenas áreas e estudar os fenómenos adjacentes a cada uma, estudo esse que pode ser complementado com vários lançamentos de *drifters* por forma a identificar coeficientes que possam ser aplicados ao modelo;

- Atualmente, está em fase de validação, no IH, um sistema de radares HF que permitem observar em tempo real a corrente à superfície. Por forma a obter valores da corrente mais fidedignos, futuramente, seria vantajoso integrar esta informação nas ferramentas de cálculo da deriva;
- Seria proveitoso inserir uma ferramenta de cálculo da deriva na plataforma METOCMIL, isto por forma a permitir que a ferramenta estivesse disponível *online* e pudesse ser utilizada em qualquer local com acesso à internet, nomeadamente nas capitánias ou até mesmo nas unidades navais;
- Outra mais valia seria adicionar um módulo à ferramenta “IAMSAR Drift” que permitisse calcular a deriva inversa, ou seja, a partir de um objeto encontrado, descobrir a fonte deste objeto. Por exemplo, uma balsa encontrada em determinada posição, no entanto desconhece-se o paradeiro da embarcação “mãe” que se encontra à deriva. A partir da deriva inversa, seria possível calcular uma área de busca para essa mesma embarcação;
- Na ferramenta “IAMSAR Drift”, tal como acontece na ferramenta de cálculo de derivas do IH, por vezes a deriva é calculada sobre terra; de modo a corrigir esta falha, poderá ser estudado um método que permita defletir a trajetória do objeto para que este não derive sobre terra.

Apesar das vantagens da ferramenta desenvolvida no âmbito desta dissertação de mestrado e das melhorias sugeridas, é importante realçar qual seria a melhor opção para obter uma ferramenta capaz e operacional. O *Oversee*, tal como já foi referido, é uma recente opção que a Marinha, juntamente com a *Critical Software*, desenvolveu para atender à gestão e planeamento das ações SAR. A forma mais clara de garantir a capacidade operacional do cálculo de deriva seria, efetivamente, uma cooperação entre o IH e a *Critical Software* por forma a conferir maior capacidade, rigor, credibilidade e operacionalidade ao módulo de planeamento SAR do *Oversee*.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, A.A. & PLOURDE, J.V. (1999). *Review of Leeway: Field Experiments and Implementation*, U.S. Coast Guard and Development Center, Springfield, EUA

ASASCIENCE (s.d.). *Search & Rescue Model and Response System* in (<http://www.asascience.com/software/sarmap/>), consultado em 07 de agosto de 2017

COMPUTER WORLD (2012). *Critical Marinha juntas para busca e salvamento* in (<https://www.computerworld.com.pt/2012/03/13/critical-e-marinha-juntas-para-busca-e-salvamento/>), consultado em 10 de agosto de 2017

CRITICAL SOFTWARE (s.d.). *Oversee* in (<http://www.criticalsoftware.com/pt/products/p/oversee>), consultado em 10 de março de 2017

DECRETO-LEI, nº 15/94. D.R. I Série-A, Nº18 (94-01-22). Pág. 322

DECRETO-LEI nº 32/85. D.R. I Série, Nº187 (85-08-16). Pág. 2618

DECRETO-LEI nº108/2004. D.R. Série I-A (2004-05-08).

DECRETO-LEI nº174/94. D.R. I Série-A, Nº145 (94-06-25). Pág. 3351

ESCOLA NAVAL (1977). *Marés e correntes de maré*, Gabinete de formação técnico-naval de Marinha. Edição provisória do serviço de publicações escolares. Lisboa

EURONEWS (2013), *Prestige: O Maior Desastre Ambiental Em Espanha*, in (<http://pt.euronews.com/2013/11/13/prestige-o-maior-desastre-ambiental-em-espanha>), consultado em 25 de março de 2017

FERNANDES, J. (2013). *Apontamentos de Apoio à Disciplina De Elementos de Astronomia*, Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra, Coimbra

GASPAR, J. (1993). *Introdução à Oceanografia Física: Oceanografia I – 4*. Lisboa, Escola Naval, pp 111-124

HACKETT, B.; BREIVIK, Ø. & WETTRE, C. (2004). *Forecasting the Drift of Things in the Ocean*, Meteorologisk Institutt, Presented at GODAE Summer School, Agelonde

HACKETT, B.; BREIVIK, Ø. & WETTRE, C. (2006). *Ocean Weather Forecasting: An Integral View of Oceanography*, Eric P. Chassignet and Jacques Verron, Países Baixos, Springer, pp 507-523.

HONEYWELL (s.d.). *SARMaster* in (<http://www.gt.honeywell.com/Pages/Product.aspx?category=Software&cat=HSM-GLOBALTRACKING&pid=SARMaster>), consultado em 07 de agosto de 2017

ICS CLASS (2012). *History of SOLAS* in (<http://icsclass.org/news/history-of-solas/>), consultado em 28 de fevereiro de 2017

IMO; ICAO (2013). *IAMSAR MANUAL: International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual*, Vol.2, ICAO, Montreal.

IMRF Hero (s.d.). *What Are the H.E.R.O. Awards?* in (<http://www.imrfhero.org/>), consultado em 18 de março de 2017

IMRF Hero (s.d. a). *Lists of the Winners* in (<http://www.imrfhero.org/2016/lists/the-winners>), consultado em 18 de março de 2017

INFOPÉDIA (2003), *Prestige* in Artigos de apoio Infopédia, Porto, Porto Editora, 2003-2017 in ([https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$prestige](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$prestige)), consultado em 25 de março de 2017

INSTITUTO HIDROGRÁFICO [IH] (s.d.). *Prestige* in (<http://www.hidrografico.pt/prestige.php>), consultado em 15 de fevereiro de 2017

\_\_\_\_\_ (s.d. a). *Apontamentos sobre marés e correntes de maré*, VOL. IV - MN13: “Generalidades sobre correntes de maré” P.2. Lisboa, Instituto Hidrográfico

INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA [IPMA] (s.d.). *ALADIN* in (<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/otempo/previsao.numerica/index.html?page=aladin.xml>), consultado em 29 de julho de 2017

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION [IMO] (s.d.). *Brief History of IMO* in (<http://www.imo.org/en/about/historyofimo/pages/default.aspx>), consultado em 28 de fevereiro de 2017

\_\_\_\_\_ (s.d. a). *History of SOLAS (The International Convention for the Safety of Life at Sea)* in (<http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ReferencesAndArchives/HistoryofSOLAS/Pages/default.aspx>), consultado em 28 de fevereiro de 2017

MARINHA (s.d.), *Comando Naval* in (<http://www.marinha.pt/pt-pt/meios-operacoes/comando-apoio/Paginas/Comando-Naval.aspx>), consultado em 19 de março de 2017

\_\_\_\_\_ (s.d. a). *Treino e Avaliação* in (<http://www.marinha.pt/pt-pt/meios-operacoes/treino-avaliacao/Paginas/Treino-Avaliacao.aspx>), consultado em 05 de julho de 2017

\_\_\_\_\_ (s.d. b). *Busca e Salvamento* in (<http://www.marinha.pt/pt-pt/marinha/busca-e-salvamento/Paginas/default.aspx>), consultado em 06 de julho de 2017

MARTINHO, António Santos (2015). *Previsão operacional e apoio à decisão*. Lisboa, Instituto Hidrográfico

MATHWORKS (s.d.). *MATLAB* in (<https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html>), consultado em 20 de julho de 2017

MICROSOFT AZURE (s.d.). *O que é a informática na cloud?* in (<https://azure.microsoft.com/pt-pt/overview/what-is-cloud-computing/>), consultado em 18 de julho de 2017

NATO (1995), ATP 10 (D). *Search and Rescue*. Bruxelas. Naval Warfare Publications

NEWMAN, J.N. (s.d.). *Wave Effects on Multiple Bodies*, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, USA

OLIVEIRA, R. (1964). *Elementos de Arquitetura Naval*, Vol. 1, Lisboa, Escola Naval, pp88-92 (Arq. Naval 118)

PONAV-01 (2004), *PONAV-01: Manual do oficial de serviço ao MRCC Lisboa*, Comando Naval, Ministério da Defesa Nacional, Oeiras, p 4.2

REVISTA DA MARINHA (s.d.). *Marinha recebe prémio relativo à “Busca & Salvamento”* in ([http://www.revistademarinha.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3754:marinha-recebe-premio-relativo-a-busca-a-salvamento&catid=101:actualidade-nacional&Itemid=290](http://www.revistademarinha.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3754:marinha-recebe-premio-relativo-a-busca-a-salvamento&catid=101:actualidade-nacional&Itemid=290)), consultado em 18 de março de 2017

ROBINSON, A.R. (1999) *Forecasting and Simulating Coastal Ocean Processes and Variabilities with the Harvard Ocean Prediction System*. Coastal Ocean Prediction (C.N.K. Mooers, ed.), AGU Coastal and Estuarine Studies Series, American Geophysical Union, pp 77-100

R.Q. (2014), *A Vigilância Marítima na Força Aérea*, Estado Maior Da Força Aérea in (<http://www.emfa.pt/www/noticia-480-a-vigilancia-maritima-na-forca-aerea>), consultado em 20 de março de 2017

SANTOS, J. Loureiro dos (2016). *Forças Armadas em Portugal*, Lisboa, Fundação Francisco Manuel dos Santos

SARAPP (s.d.). *Simulator and Search Planner for the USCG SAROPS Search and Rescue Optimal Planning System* in (<http://www.sarapp.com/docs/SAROPS%20Description.pdf>), consultado em 07 de agosto de 2017

STEWART, Robert H. (2009). *Introduction to Physical Oceanography*, Orange Grove Books, EUA, pp 183-198

THE SWAN TEAM (s.d.). *Features of SWAN* in (<http://swanmodel.sourceforge.net/>), consultado em 18 de fevereiro de 2017

TRANSPORTE MARÍTIMOS (2016). *A STCW2010 mudou as regras de Certificação. E agora?* in (<https://transportemaritimoglobal.com/2016/01/13/a-stcw2010-mudou-as-regras-de-certificacao-e-agora/>), consultado em 28 de fevereiro de 2017

TURBAN, E., ARONSON, J.E., AND LIANG, T.P. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, New Jersey, Pearson Education

WILLIAMS, D. (2016). *Earth Fact Sheet* in (<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>), consultado em 03 de julho de 2017

USCG (2016). *Foreign Military Sales Assets: Search and Rescue Optimal Planning System* in (<https://www.uscg.mil/hq/cg9/international/sarops.asp>), consultado em 07 de agosto de 2017

# ANEXOS

## ANEXO A - Appendix K (IAMSAR 2013)

Appendix K – Determining datum

### Datum worksheet for computing drift in the marine environment

Case title \_\_\_\_\_ Case number \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Planner's name \_\_\_\_\_ Datum number \_\_\_\_\_ Search plan A B C \_\_\_\_\_

Search object \_\_\_\_\_

#### A Starting position for this drift interval

1	Type of position (Circle one)	Last known position Estimated incident position Previous datum	LKP EIP PD
2	Position Date/time	_____ Z	_____
3	Latitude, longitude of position	_____ N/S	_____ W/E

#### B Datum time

1	Commence search date/time	_____ Z	_____
2	Drift interval		_____ hours

#### C Average surface wind (ASW) (Attach **Average surface wind (ASW) worksheet**)

1	Average surface wind (ASW)	_____ °T	_____ kts
2	Probable error of drift velocity due to probable error of average surface wind ( $ASW_{DV_e}$ )		_____ kts

#### D Total water current (TWC) (Attach **Total water current (TWC) worksheet**)

1	Total water current (TWC)	_____ °T	_____ kts
2	Probable total water current error ( $TWC_e$ )		_____ kts

#### E Leeway (LW) (Attach **Leeway (LW) worksheet**)

1	Left of downwind	_____ °T	_____ kts
2	Right of downwind	_____ °T	_____ kts
3	Probable leeway error ( $LW_e$ )		_____ kts



## F Total surface drift

Use a manoeuvring board or calculator to add Total water current and Leeway vectors.  
(See **figure K-1a**)

		(left of downwind)	(right of downwind)
1	Drift directions	_____ °T	_____ °T
2	Drift speeds	_____ kts	_____ kts
3	Drift distances ( <b>line F.2</b> × <b>line B.2</b> )	_____ NM	_____ NM
4	Total probable drift velocity error ( $DV_e$ ) ( $DV_e = \sqrt{ASWDV_e^2 + TWC_e^2 + LW_e^2}$ )		_____ kts

## G Datum positions and divergence distance

Using a chart, universal plotting sheet or calculator, determine the datum positions and divergence distance (DD) (See **figure K-1b**)

1	Latitude, longitude (left of downwind)	_____ N/S	_____ W/E
2	Latitude, longitude (right of downwind)	_____ N/S	_____ W/E
3	Divergence distance (DD)		_____ NM

## H Total probable error of position (E) and separation ratio (SR)

(Attach **Total probable error of position (E) worksheet**)

1	Total probable error of position squared ( $E^2$ )	_____ NM <sup>2</sup>
2	Total probable error of position (E)	_____ NM
3	Separation ratio ( $SR = DD/E$ )	_____
4	Go to the <b>Total available search effort worksheet</b> .	

## Average surface wind (ASW) worksheet

Case title \_\_\_\_\_ Case number \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_  
Planner's name \_\_\_\_\_ Datum number \_\_\_\_\_ Search plan A B C \_\_\_\_\_

### A Average surface wind

#### 1 Surface wind data

Time of observation	Time interval	Number of hours (A)	Wind direction (B)	Wind speed (C)	Wind contribution (A × C)
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
_____	_____ - _____	_____	_____ ° T	_____ kts	_____ NM
Total hours		_____ (D)	Vector sum of contributions	_____ °T (E)	_____ NM (F)

2 Average surface wind (ASW) [(E)°T (F/D) kts] \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts

### B Probable error

1	Probable error of the average surface wind ( $ASW_e$ )	_____ kts
2	Probable error of drift velocity due to probable error of the Average surface wind ( $ASWDV_e$ )	_____ kts

Go to **part C** on the **Datum worksheet**.

## Total water current (TWC) worksheet

Case title \_\_\_\_\_ Case number \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Planner's name \_\_\_\_\_ Datum number \_\_\_\_\_ Search plan A B C \_\_\_\_\_

### A Observed total water current (TWC)

- 1 Source (datum marker buoy (DMB), debris, oil) \_\_\_\_\_
- 2 Observed set/drift \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
- 3 Probable error of observation ( $TWC_e$ ) \_\_\_\_\_ kts
- 4 Go to **part D** on the **Datum worksheet**.

### B Computed total water current

- 1 Tidal current (TC)
  - a Source (tidal current tables, local knowledge) \_\_\_\_\_
  - b Tidal current (TC) set/drift  
(Attach any tidal current computations) \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
  - c Probable error of tidal current ( $TC_e$ ) \_\_\_\_\_ kts
- 2 Sea current (SC)
  - a Source (atlas, pilot chart, etc.) \_\_\_\_\_
  - b Sea current (SC) set/drift \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
  - c Probable error of sea current ( $SC_e$ ) \_\_\_\_\_ kts
- 3 Wind current (WC)  
(Attach **Wind current worksheet**)
  - a Wind current (WC) set/drift \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
  - b Probable error of wind current ( $WC_e$ ) \_\_\_\_\_ kts
- 4 Other water current (OWC)
  - a Source (local knowledge, previous incidents, etc.) \_\_\_\_\_
  - b Other water current (OWC) set/drift \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
  - c Probable error of other water current ( $OWC_e$ ) \_\_\_\_\_ kts
- 5 Computed Total water current (TWC) set/drift \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
- 6 Computed probable total water current error ( $TWC_e$ )  

$$(TWC_e = \sqrt{TC_e^2 + SC_e^2 + WC_e^2 + OWC_e^2})$$
 \_\_\_\_\_ kts
- 7 Go to **part D** on the **Datum worksheet**.

## Wind current (WC) worksheet

Case title \_\_\_\_\_ Case number \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Planner's name \_\_\_\_\_ Datum number \_\_\_\_\_ Search plan A B C \_\_\_\_\_

### Wind current (WC)

- 1 Average surface wind (ASW)  
(From **Datum worksheet, line C.1**) \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
- 2 Downwind direction (ASW direction  $\pm 180^\circ$ ) \_\_\_\_\_ °T
- 3 Wind current drift  
(from **figure N-1**) \_\_\_\_\_ kts
- 4 Divergence of wind current  
(from **figure N-1**)  $\pm$  \_\_\_\_\_ °
- 5 Wind current set  
(Downwind direction  $\pm$  divergence of wind current)  
(add divergence in northern hemisphere,  
subtract in southern hemisphere) \_\_\_\_\_ °T
- 6 Wind current (WC) set/drift \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
- 7 Probable error of wind current ( $WC_e$ ) \_\_\_\_\_ kts
- 8 Go to **line B.3** on the **Total water current (TWC) worksheet**.

## Leeway (LW) worksheet

Case title \_\_\_\_\_ Case number \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Planner's name \_\_\_\_\_ Datum number \_\_\_\_\_ Search plan A B C \_\_\_\_\_

Search object \_\_\_\_\_

- 1 Average surface wind (ASW)  
(from **Datum worksheet, line C.1**) \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
- 2 Downwind direction (ASW direction  $\pm 180^\circ$ ) \_\_\_\_\_ °T
- 3 Leeway speed  
(from **figure N-2** or **N-3**) \_\_\_\_\_ kts
- 4 Leeway divergence angle  
(from **figure N-2** or **N-3**)  $\pm$  \_\_\_\_\_ °
- 5 Leeway directions
  - a Left of downwind (**line 2** – **line 4**) \_\_\_\_\_ °T
  - b Right of downwind (**line 2** + **line 4**) \_\_\_\_\_ °T
- 6 Leeway (LW)
  - a Left of downwind \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
  - b Right of downwind \_\_\_\_\_ °T \_\_\_\_\_ kts
- 7 Probable leeway error ( $LW_e$ )  
(from **figure N-2** or **N-3**) \_\_\_\_\_ kts
- 8 Go to **Part E** on the **Datum worksheet**.

## Total probable error of position (E) worksheet for land and marine environments

Case title \_\_\_\_\_ Case number \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Planner's name \_\_\_\_\_ Datum number \_\_\_\_\_ Search plan A B C \_\_\_\_\_

### A Probable distress incident/initial position error (X)

(Go to **line 1** to compute probable error of the distress incident position. Go to **line 6** if the starting position for this drift interval is a previous datum.)

- 1 Navigational fix error  
(from **table N-1** or **N-2**) \_\_\_\_\_ NM
- 2 Dead reckoning (DR) error rate  
(from **table N-3**) \_\_\_\_\_ %
- 3 DR distance since last fix \_\_\_\_\_ NM
- 4 DR navigational error  
(**line A.2** × **line A.3**) \_\_\_\_\_ NM
- 5 Glide distance (if aircraft/parachute descent heading  
is unknown) \_\_\_\_\_ NM
- 6 Probable initial position error (X)  
(X = **line A.1** + **line A.4** + **line A.5**) or  
(X = Total probable error of position from **line H.2**  
of previous **Datum worksheet**) \_\_\_\_\_ NM

### B Total probable drift error ( $D_e$ )

- 1 Drift interval  
(from **line B.2** of the **Datum worksheet**) \_\_\_\_\_ hours
- 2 Probable drift velocity error ( $DV_e$ )  
(from **line F.4** of the **Datum worksheet**) \_\_\_\_\_ kts
- 3 Total probable drift error ( $D_e$ )  
( $D_e$  = **line B.1** × **line B.2**) \_\_\_\_\_ NM

### C Probable search facility position error (Y)

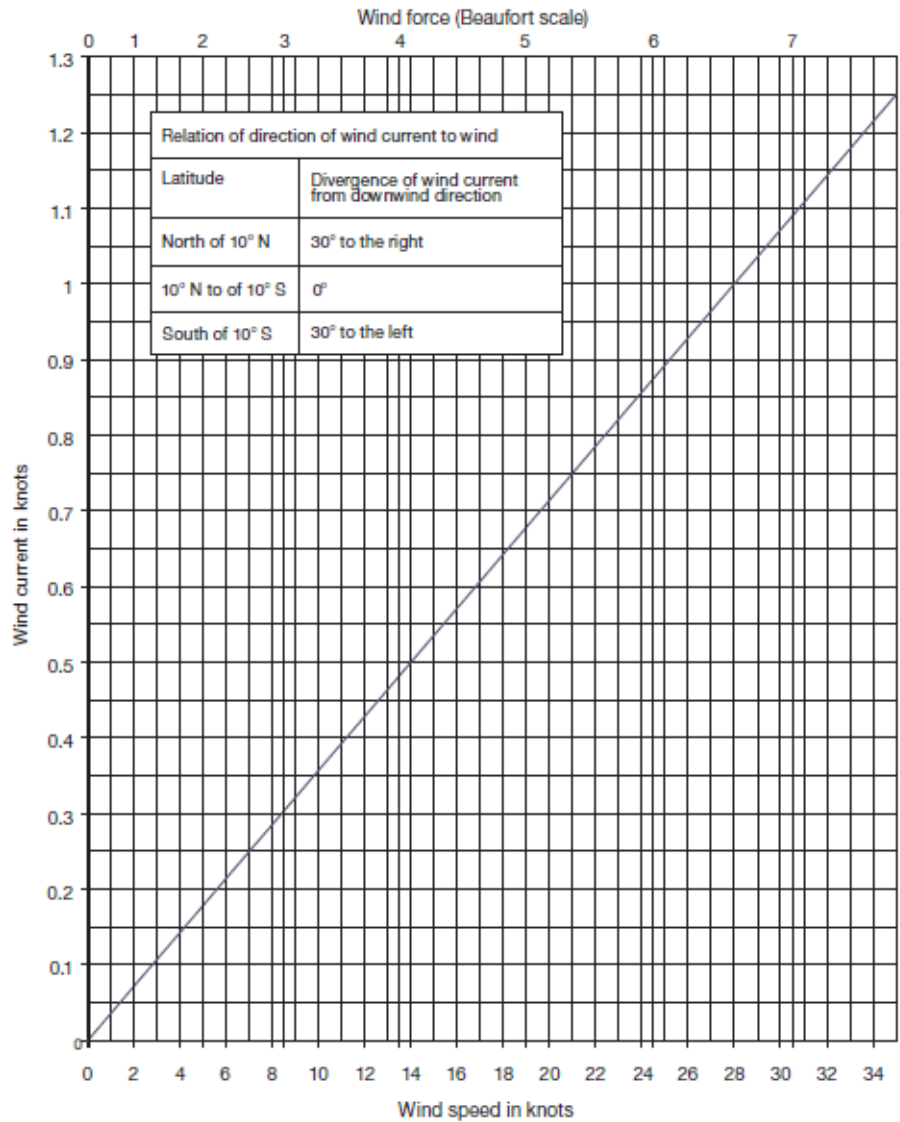
- 1 Navigational fix error  
(from **table N-1** or **N-2**) \_\_\_\_\_ NM
- 2 Dead reckoning (DR) error rate  
(from **table N-3**) \_\_\_\_\_ %
- 3 DR distance since last fix \_\_\_\_\_ NM
- 4 DR navigational error  
(**line C.2** × **line C.3**) \_\_\_\_\_ NM
- 5 Probable search facility position error (Y)  
(Y = **line C.1** + **line C.4**) \_\_\_\_\_ NM

**D      Total probable error of position ( $E$ )**

- |   |  |                          |
|---|--|--------------------------|
| 1 | Sum of squared errors<br>( $E^2 = X^2 + D_e^2 + Y^2$ )                 | NM _____ NM <sup>2</sup> |
| 2 | Total probable error of position<br>( $E = \sqrt{X^2 + D_e^2 + Y^2}$ ) | NM _____ NM              |

**ANEXO B - Figure N-1, Figure N-2 e Figure N-3 (IAMSAR 2013)**

**Local wind current graph and table**



**Figure N-1**

## Leeway charts

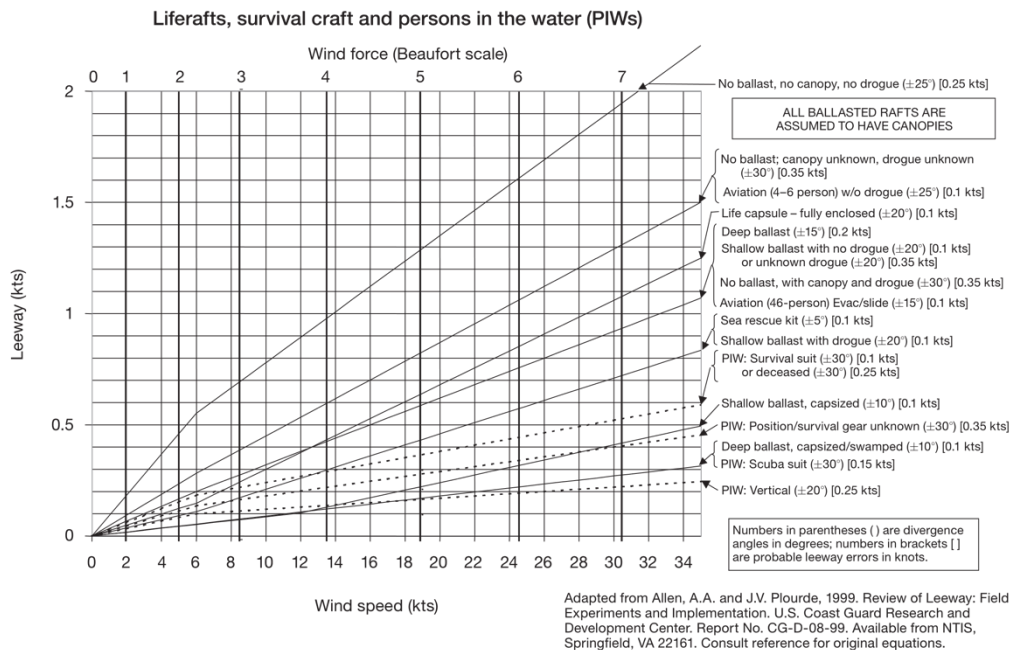


Figure N-2 – Leeway of liferafts, survival craft and persons in the water (PIWs)

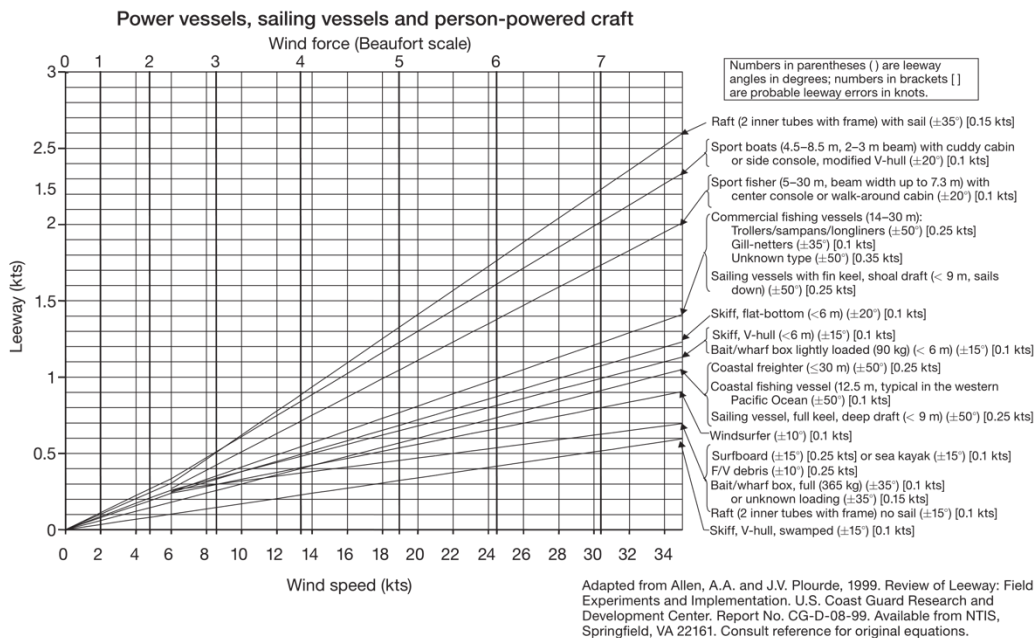


Figure N-3 – Leeway rates for various craft

# APÊNDICES

## APÊNDICE A - EXERCÍCIO CITAN

### RESOLUÇÃO EXERCÍCIO TEÓRICO

- Em 172100Z foi recebido em VHF CH16 o seguinte comunicado do Iate “Saudade de Coimbra”:
- "... embate num contentor à deriva e sofre um rombo abaixo da linha de água. Não consegue controlar o alagamento e vai abandonar o iate (4 POB). Encontra-se na posição GPS 38 30.0N - 011 30.0 W ...”
- Abandona o iate na posição e passa para balsa com canopia e lastro (sem drogue) (shallow ballast with no drogue).
- Nada mais foi ouvido.

DISTRESS TIME: VHF CH16 às 172100Z

LKP: GPS: 38 30.0°N – 011 30.0°W

ETA SRU: FS SAR na área de operações às 181100Z ( $\Delta t=14$  horas)

1.  $ASW = 235 / 17.9 \text{ kts}$   
 $ASWe = 0.3 \text{ kts}$  (\*segundo o IAMSAR, considerar sempre este valor)

2.  $TWC = SC + WC$   
 $SC = 190 / 0.5 \text{ kts}$   
 $SCe = 0.3 \text{ kts}$  (\*segundo o IAMSAR, considerar sempre este valor)  
 $WC = 235 - 180 / 0.64 \text{ kts}$  (figura N-1 do IAMSAR)  
 $WC = 055 / 0.64 \text{ kts}$   
 $WC = 055 + 30^\circ \text{ direita} / 0.64 \text{ kts} = 085 / 0.64 \text{ kts}$   
 $WCe = 0.3 \text{ kts}$  (\*segundo o IAMSAR, considerar sempre este valor)  
 $TWC = 190 / 0.5 \text{ kts} + 085 / 0.64 \text{ kts} = 127 / 0.72 \text{ kts}$  (soma vetorial)  
 $TWCe = \sqrt{SCe^2 + WCe^2} = \sqrt{0.3^2 + 0.3^2} = 0.42 \text{ kts}$



3.  $LW = (235 - 180) / 0.6 \text{ kts}$  (\*figura N-2 do IAMSAR)

$$LW = 055 / 0.6 \text{ kts}$$

$$\Phi = \pm 20^\circ$$

$$LW_e = 0.1 \text{ kts}$$

$$LW_{\text{right}} = 075 / 0.6 \text{ kts}$$

$$LW_{\text{left}} = 035 / 0.6 \text{ kts}$$

4.  $DRIFT = ?$

(soma vetorial)

$$DRIFT_{\text{right}} = TWC + LW_{\text{right}} = 127 / 0.72 \text{ kts} + 075 / 0.6 \text{ kts} = 104 / 1.22 \text{ kts}$$

$$DRIFT_{\text{left}} = TWC + LW_{\text{left}} = 127 / 0.72 \text{ kts} + 035 / 0.6 \text{ kts} = 087 / 0.92 \text{ kts}$$

5.  $DATUM_{\text{right}} = 104 / (1.22 \text{ kts} \times 14 \text{ horas}) = 17.08 \text{ M}$

$$DATUM_{\text{left}} = 087 / (0.92 \text{ kts} \times 14 \text{ horas}) = 12.88 \text{ M}$$

$$DV_e = \sqrt{ASW_e^2 + TWC_e^2 + LW_e^2} = \sqrt{0.3^2 + 0.42^2 + 0.1^2} = 0.53 \text{ kts}$$

$$De = 0.53 \times 14 \text{ horas} = 7.42 \text{ M}$$

6.  $RAIO \text{ das } \acute{a}reas \text{ prov\'aveis} = ?$

$$R = E \times fs$$

$$E = \sqrt{X^2 + De^2 + Y^2} = \sqrt{0.1^2 + 7.42^2 + 0.1^2} = 7.42$$

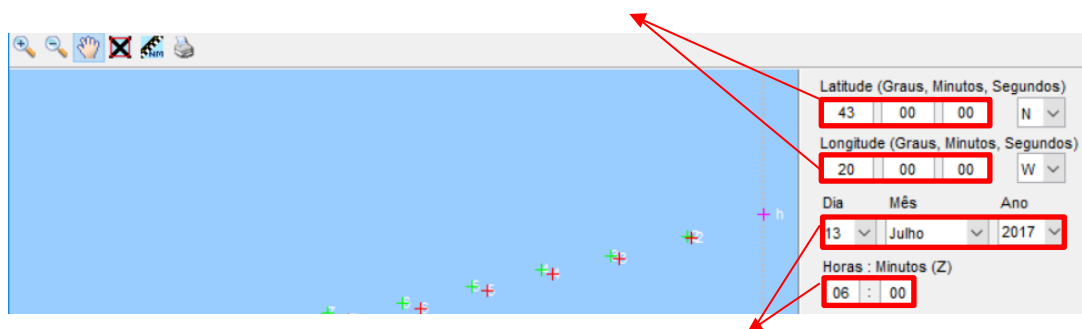
$$R = 7.42 \times fs = 7.42 \times 1.1 = 8.2 \text{ M}$$

## APÊNDICE B - GUIA DE UTILIZAÇÃO DO “IAMSAR DRIFT”

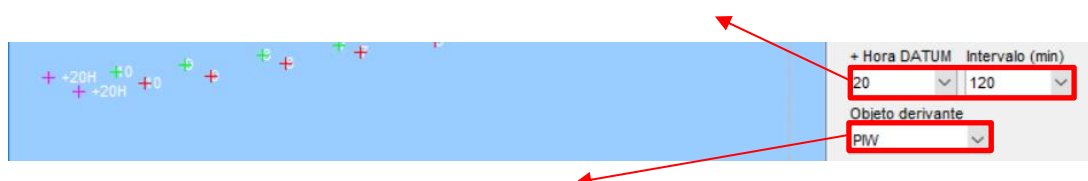
### MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO “IAMSAR DRIFT”

Cálculo da deriva:

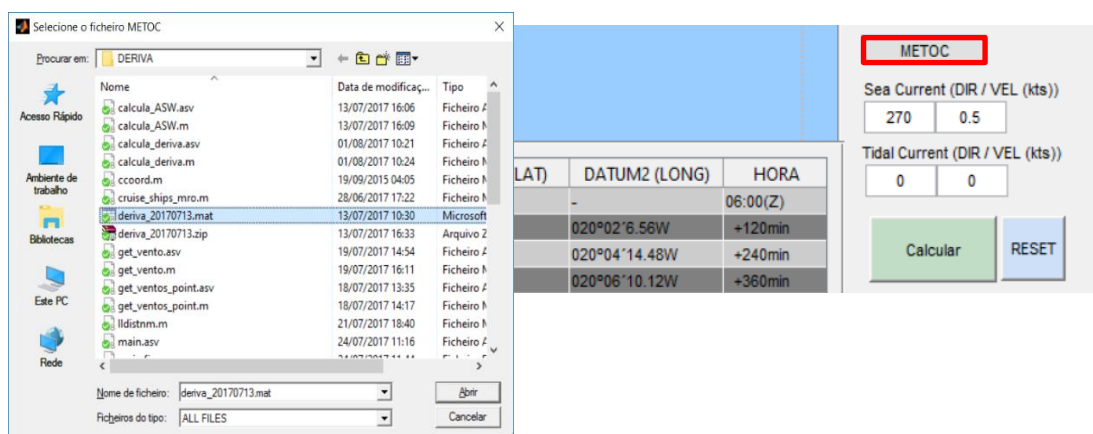
1. Inserir a posição (Graus, Minutos e Segundos);



2. Inserir o dia, mês, ano, hora e minutos relativos à posição referida;
3. Selecionar a diferença em horas para a qual o utilizador pretende calcular a deriva e o respetivo intervalo entre pontos (ex.: 20H, que será acrescentado à hora da LKP, 0600Z, isto resultará na posição de deriva para as 0200Z do dia seguinte);



4. Selecionar o tipo de objeto de deriva;
5. Carregar o ficheiro de vento;



6. Inserir a corrente oceânica e corrente de maré, se necessário. Caso contrário, deverá ser preenchido com “0” em todos os campos;

	DATUM1 (LAT)	DATUM1 (LONG)	DATUM2 (LAT)	DATUM2 (LONG)	HORA
1	43°00'0.00N	020°00'0.00W	-	-	06:00(Z)
2	42°59'27.23N	020°02'13.87W	42°59'25.20N	020°02'6.56W	+120min
3	42°58'56.81N	020°04'28.86W	42°58'52.43N	020°04'14.48W	+240min
4	42°58'34.76N	020°06'29.71W	42°58'28.98N	020°06'10.12W	+360min

METOC

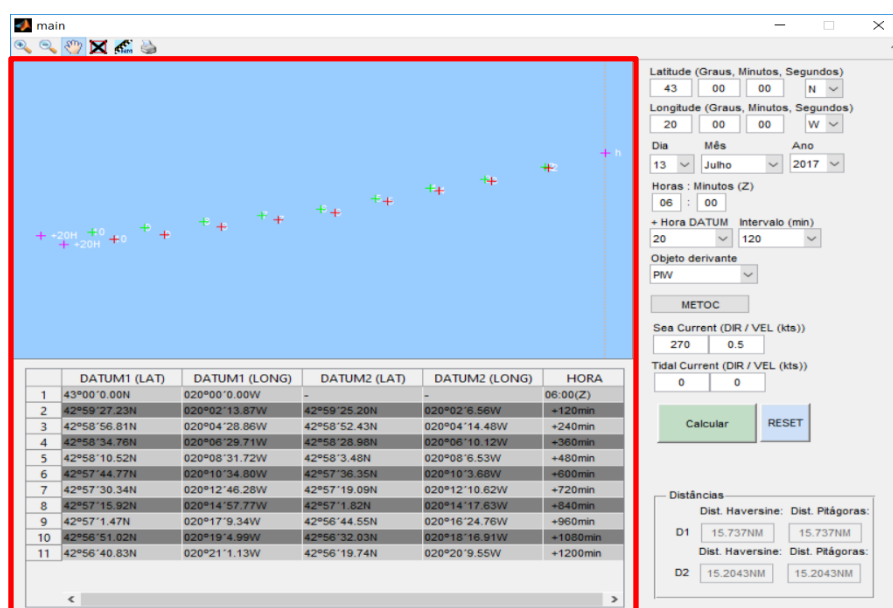
Sea Current (DIR / VEL (kts))

Tidal Current (DIR / VEL (kts))

7. Por fim, clicar sobre o botão “Calcular”.

Após efetuar todos os passos a cima descritos, o programa irá calcular a deriva e representará as respetivas posições, espaciais pelo intervalo de tempo definido pelo utilizador, no mapa. As coordenadas de cada DATUM serão também expressas na tabela que se encontra imediatamente a baixo.

Na tabela, as posições dos DATUM's são referenciadas através de uma numeração que permite ao utilizador associar o ponto representado no mapa à posição expressa na tabela, sendo que o primeiro ponto, no mapa, é representado pela letra “h”, e na tabela pelo número “1”. O último ponto é representado no mapa com a diferença em horas definido pelo utilizador e na tabela pelo último número, que depende da divisão da diferença em horas pelo intervalo entre pontos. No caso da figura seguinte,  $20H/120min(2H) = 10$ , isto, acrescentado à posição inicial, obtém-se um total de 11 pontos, pelo que a última posição será a número 11.



O botão “RESET” permite ao utilizador efetuar um novo cálculo, apagando todos os dados da interface grátis.

### Ferramentas auxiliares

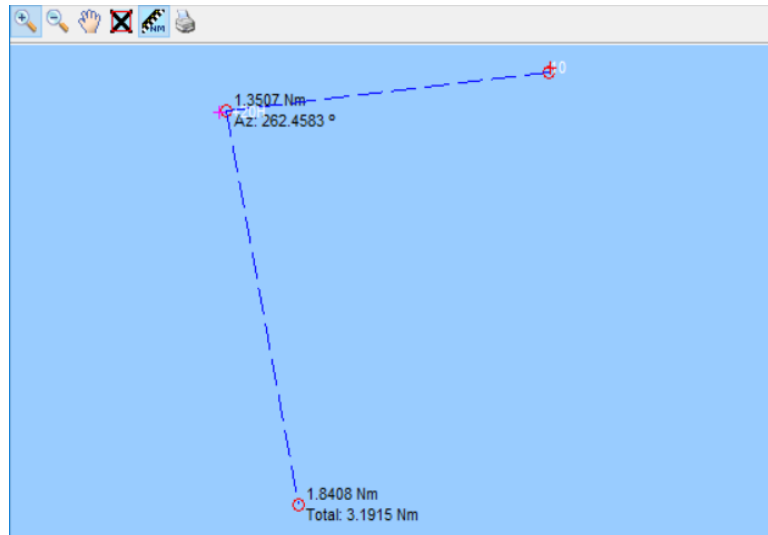
Por forma a auxiliar o utilizador, são disponibilizadas algumas ferramentas:



- Zoom in – permite aumentar a escala;
- Zoom out – permite diminuir a escala;
- Pan – permite movimentar a representação no mapa;
- Marker – permite marcar um ponto, representando as coordenadas geográficas em graus, minutos e segundos e em graus decimais;



- Ruler – permite efetuar medições, fornecendo distâncias e azimutes. O utilizador pode fazer várias pernadas, obtendo com a tecla direita do rato a distância total das pernadas;



- Print – permite ao utilizador imprimir os resultados obtidos.

## **APÊNDICE C - CASOS (MRCC)**

### **Caso 075/16 – Kayak**

Cerca das 16h00, foi dado o alerta, por familiares, sobre a falta de notícias de um praticante de kayak que integrava o evento “19ª Expedição em autonomia às Berlengas em Kayak”, a qual se realiza com periodicidade anual. Tinha sido avistado pela última vez cerca das 14h00 a cerca de 2 milhas náuticas a SW das ilhas Berlengas. De imediato, sob coordenação do COMAR, foi mobilizado o Salva Vidas Vigilante de Peniche que iniciou as buscas a sul das Berlengas cerca das 16h30. Por volta das 18h00, integrou as buscas a embarcação Semirrígida da capitania da Nazaré em reforço do dispositivo. Cerca das 18h40 o meio aéreo da Força Aérea portuguesa, helicóptero EH 101 Merlin, integrou também ele o dispositivo de buscas. Após o alargamento da área de buscas já ao final do dia, cerca das 21h00, foi avistado pelo helicóptero o praticante de kayak, de 43 anos de idade residente na zona de Aveiro, a cerca de 10 milhas a SW das Berlengas.

Efetuada o resgate do praticante pelo meio aéreo, foi de seguida transportado para Peniche, tendo sido assistido por equipa do INEM cerca das 21H15 após aterrar.

Posteriormente foi movimentado para o hospital de Caldas da Rainha para a realização de exames complementares. À chegada apresentava estar bem de saúde, no entanto bastante cansado.

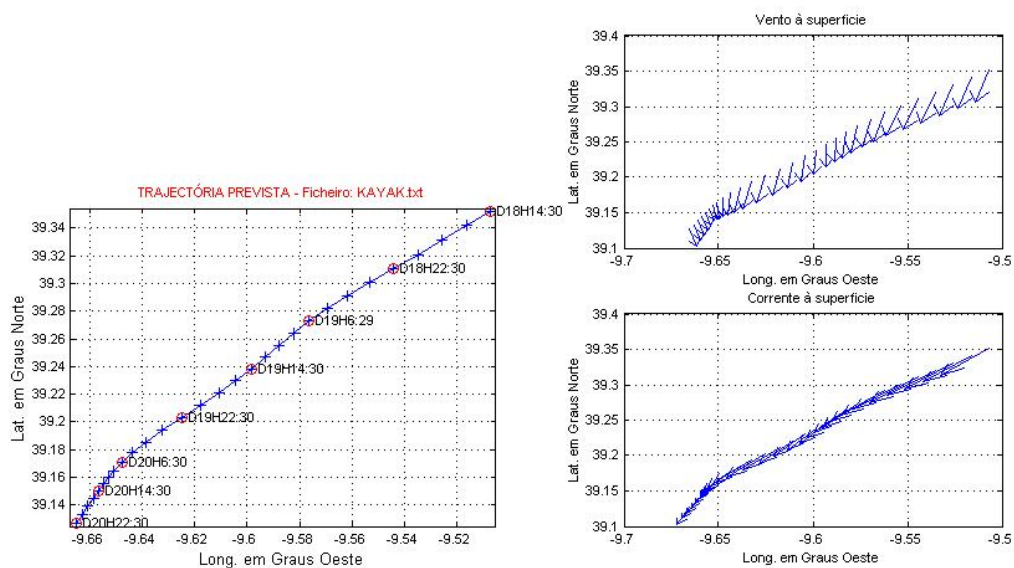
Estiveram envolvidos nas operações: 2 meios das Estações Salva-Vidas de Peniche e da Nazaré; 1 helicóptero da FAP, Piquete da Polícia Marítima; 1 navio mercante em trânsito para Norte (após divergir ligeiramente a rota); Proteção Civil de Peniche, Bombeiros Voluntários de Peniche da Lourinhã e de Torres-Vedras em auxílio das buscas na orla costeira marítima.

Capitão do porto de Peniche

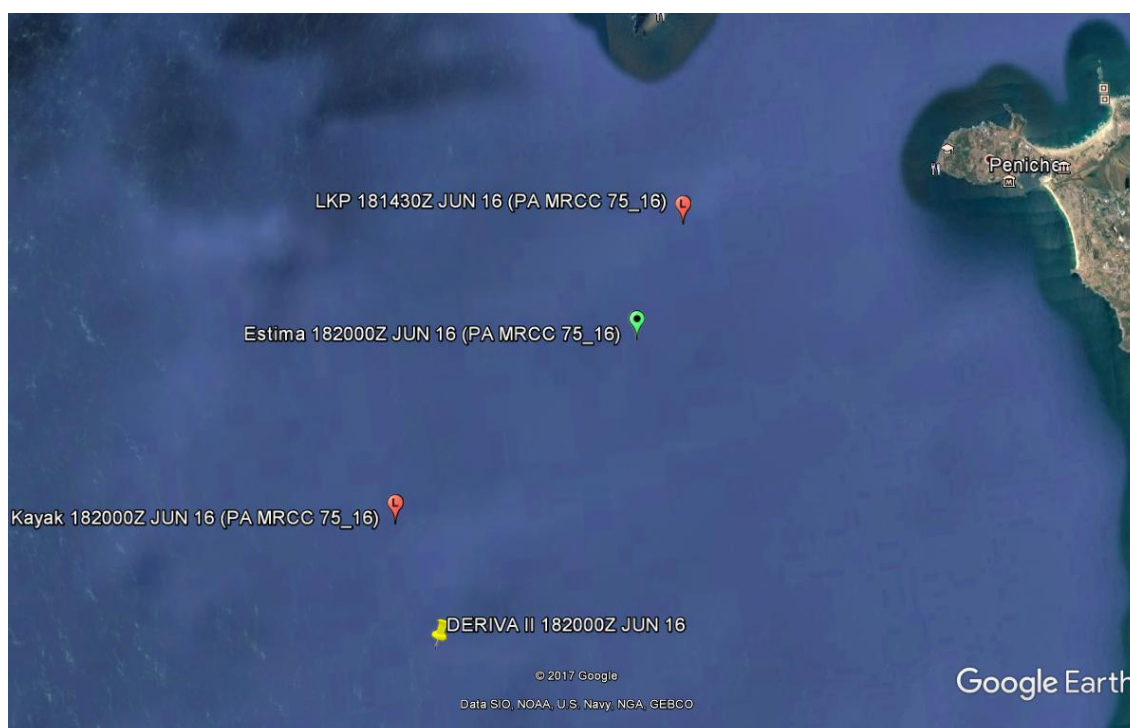
Desapareceu na posição Lat: 39°21.13N Long: 009°30.43W.

GDH: 181430Z JUN 16.

Trajectoria prevista pelo software de cálculo de deriva do IH:



Encontrado na posição Lat: 39°16'28.33"N Long: 009°37'48.66"W.  
GDH: 182000Z JUN 16.

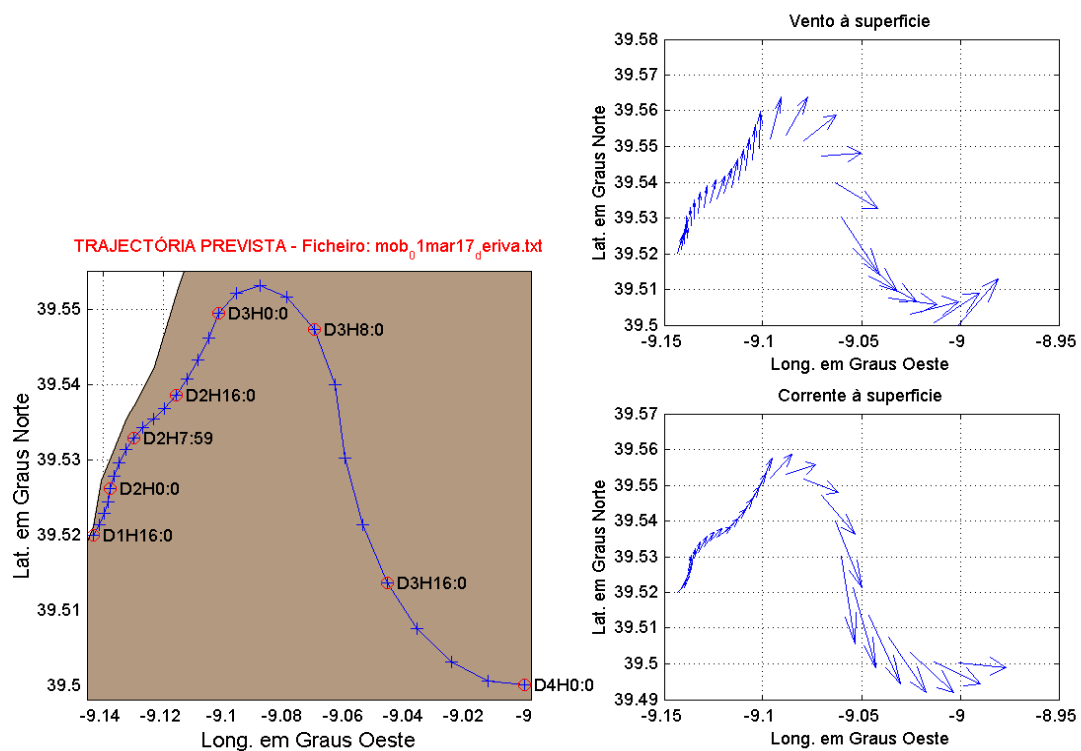


## Caso 019/17 - PIW

Desapareceu na posição Lat: 39°31,15'N Long: 009°08.619'W.

GDH: 011600Z MAR 17.

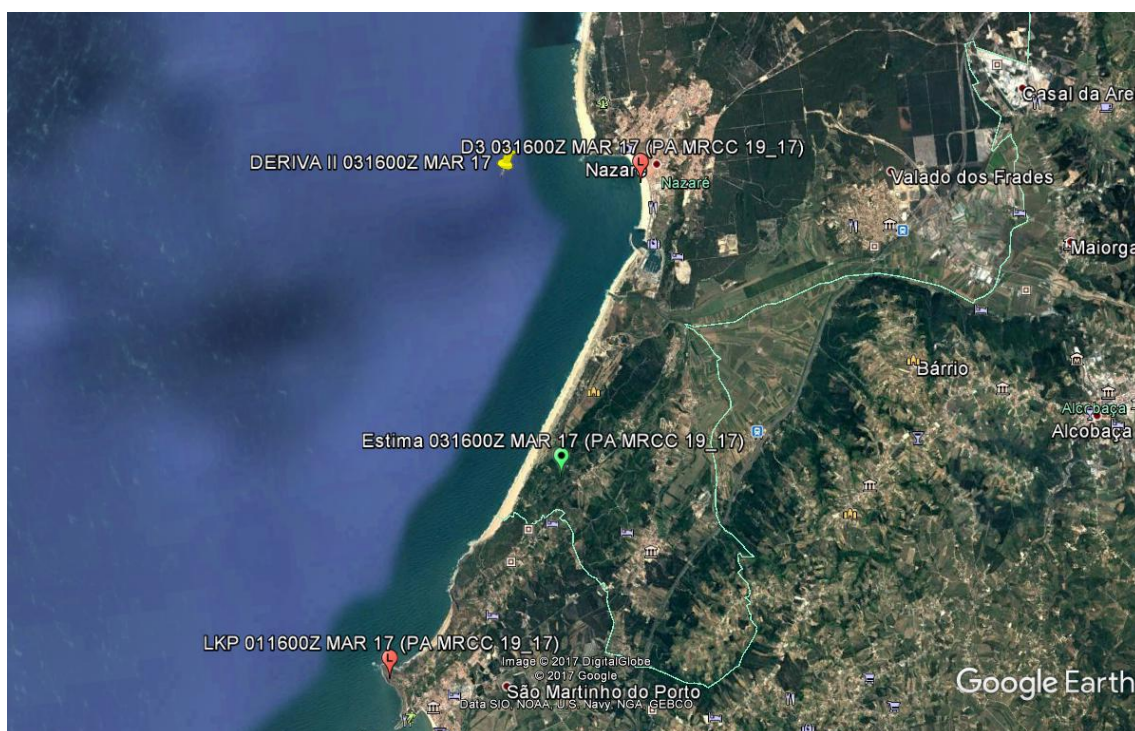
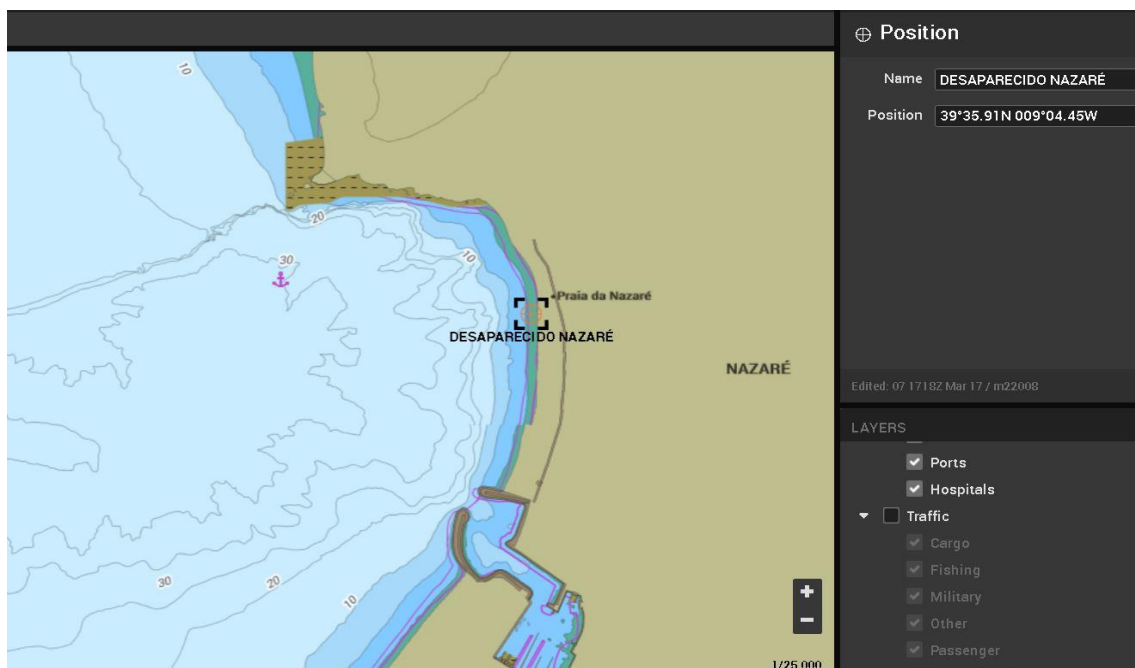
Trajetória prevista pelo software de cálculo de deriva do IH:





Encontrado na posição Lat: 39°35.91'N Long: 009°04.45'W

GDH: 031600Z MAR 17:



## Caso 024/17 – Embarcação 28m

No dia 17 de janeiro escutada comunicação VHF CH 16 de embarcação de recreio HCH-X, MMSI 236152000, bandeira Gibraltar a reportar avaria no leme. Embarcação tem 5 pessoas a bordo e encontra-se à deriva na posição 3619.03N - 00835.99W a 47 Mi de Portimão. Foram efetuados vários contactos para várias companhias de Rebocadores, mas sem sucesso. Pelas 1729Z foi empenhado o NRP *Figueira da Foz* que tem um ETA ao local da embarcação às 180230Z, embarcação fundeou em Portimão em segurança às 181916Z JAN 17.

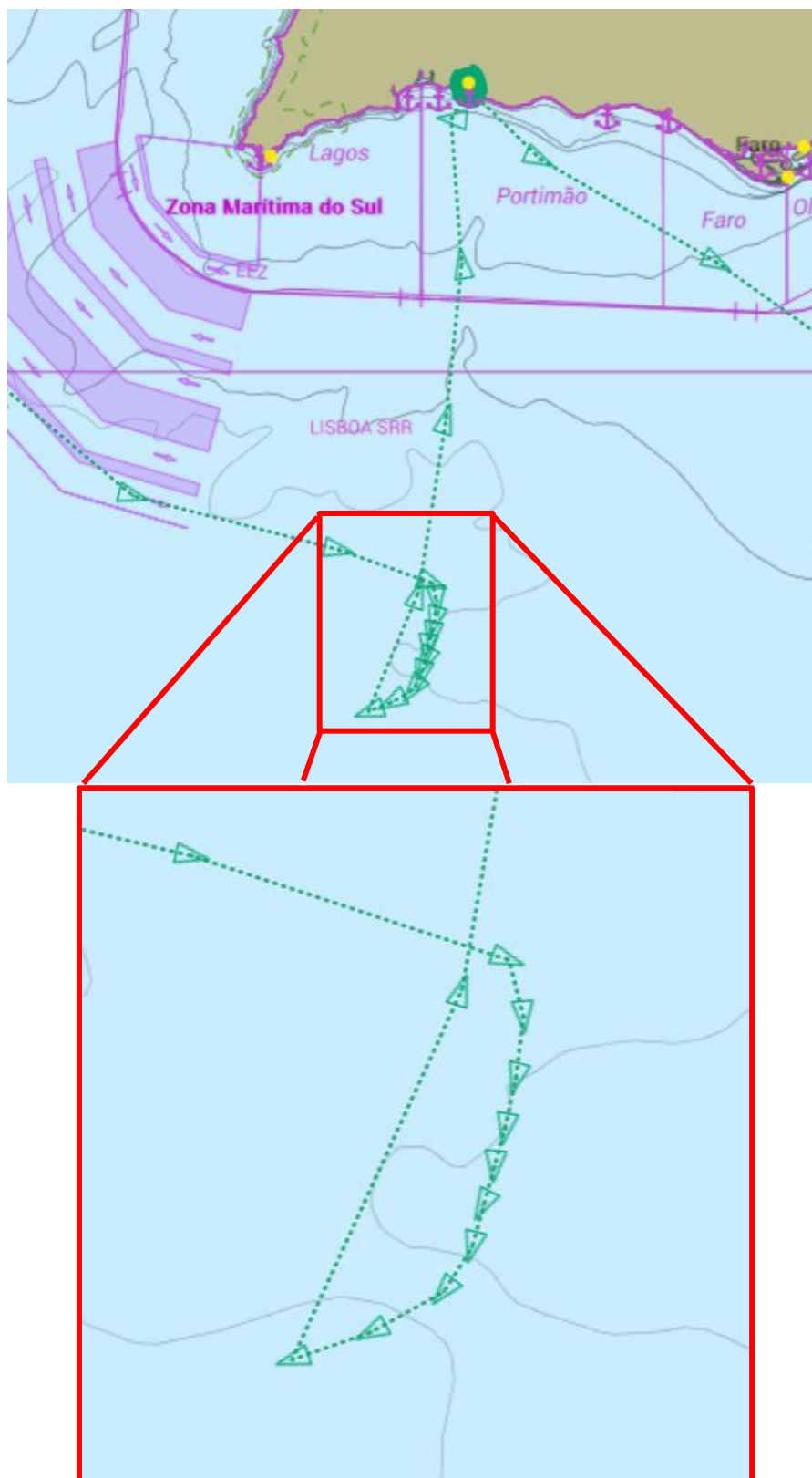
- Características da embarcação: 28m de comprimento, 7m de boca
- Posição inicial de deriva: Lat. = 36°19,76'N; Long.= 008°35,91'W
- GDH da posição inicial de deriva: 171600Z JAN 17



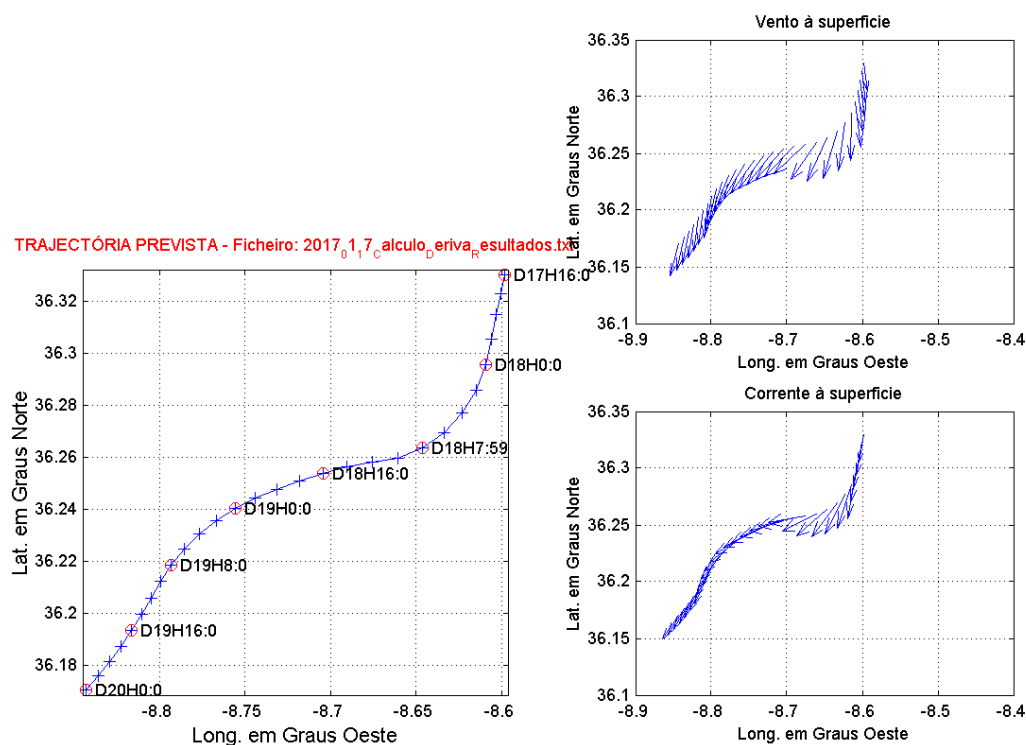
### Posições provenientes do AIS:

36°07.47N 008°43.78W (+2.4 NM)	18 1000Z Jan 17 (+2 h 54 min)	AIS
36°08.31N 008°40.94W (+2.5 NM)	18 0806Z Jan 17 (+2 h 5 min)	AIS
36°09.55N 008°38.28W (+1.6 NM)	18 0601Z Jan 17 (+2 h 57 min)	AIS
36°10.92N 008°37.25W (+1.3 NM)	18 0404Z Jan 17 (+2 h 4 min)	AIS
36°12.22N 008°36.84W (+1.2 NM)	18 0200Z Jan 17 (+2 h 59 min)	AIS
36°13.40N 008°36.44W (+1.2 NM)	18 0001Z Jan 17 (+2 h 1 min)	AIS
36°14.58N 008°36.06W (+1.6 NM)	17 2200Z Jan 17 (+2 h 58 min)	AIS
36°16.10N 008°35.66W (+1.9 NM)	17 2003Z Jan 17 (+2 h 58 min)	AIS
36°18.02N 008°35.39W (+1.8 NM)	17 1805Z Jan 17 (+2 h 0 min)	AIS
36°19.76N 008°35.91W (+9.8 NM)	17 1604Z Jan 17 (+2 h 55 min)	AIS

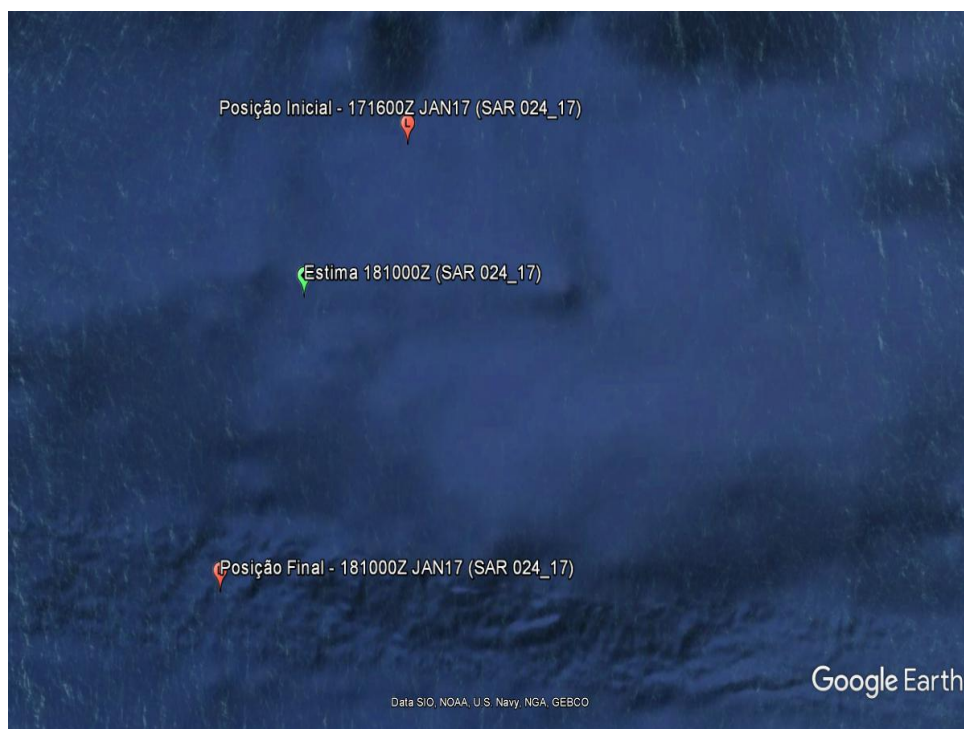
Trajetória efetuada pela embarcação:



Trajetória prevista pelo software de cálculo de deriva do IH:



Posição inicial, estima do IH e posição final da embarcação:





## **APÊNDICE D – CÓDIGO FONTE “IAMSAR DRIFT”**

### ***Main – script botão “Calcular” da ferramenta “IAMSAR Drift”***

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% Programa limitado a 48h de previsão, com possibilidade de alterar
% (previsões mais longínquas originam maiores erros na posição devido
a
% aleatoriedade dos acontecimentos METOC);
%GET LATITUDE e LONGITUDE
allItems = get(handles.popup_cardeal_lat, 'string');
selectedIndex = get(handles.popup_cardeal_lat, 'Value');
cardeal_lat= allItems{selectedIndex};

allItems = get(handles.popup_cardeal_long, 'string');
selectedIndex = get(handles.popup_cardeal_long, 'Value');
cardeal_long= allItems{selectedIndex};

[yy, str_yy]=quiz_lat((str2double(get(handles.txtbox_lat_graus,
'string'))), (str2double(get(handles.txtbox_lat_minutos, 'string'))),
(str2double(get(handles.txtbox_lat_segundos, 'string'))),
cardeal_lat);
[xx, str_xx]=quiz_long((str2double(get(handles.txtbox_long_graus,
'string'))), (str2double(get(handles.txtbox_long_minutos, 'string'))),
(str2double(get(handles.txtbox_long_segundos, 'string'))),
cardeal_long);
%FIM GET LATITUDE e LONGITUDE

h=textm(yy,xx,100,'
h');set(h,'tag','ponto','fontsize',8,'color','w');
h1=plotm(yy,xx,100,'+m');set(h1,'tag','ponto1','markersize',6) %PLOTAR
LKP
set(h,'tag','rmp');
set(h1,'tag','rmp');

%GET DATA e HORA
allItems = get(handles.popup_dia,'string');
selectedIndex = get(handles.popup_dia,'Value');
dia= allItems{selectedIndex};
selectedIndex = get(handles.popup_mes,'Value');
mes= selectedIndex;
allItems = get(handles.popup_ano,'string');
selectedIndex = get(handles.popup_ano,'Value');
ano= allItems{selectedIndex};

obj = get(handles.popup_objeto,'Value');

teste_dia=strcat(num2str(dia),'/',num2str(mes),'/',num2str(ano));

dia = datenum(teste_dia, 'dd/mm/yyyy');

h_str=strcat(get(handles.txtbox_h, 'string'),
':',get(handles.txtbox_min, 'string'), '(Z)'); %Hora formato XX:XX(Z)
hora= str2double(get(handles.txtbox_h,
'string'))+str2double(get(handles.txtbox_min, 'string'))/60;
```



```

hora=round(hora);
%FIM GET DATA e HORA

%CALCULA E GRAVA VENTO IPMA
ficheiro_vento=getappdata(gcf, 'var_metoc');
[data_string,intens_aladin,dir_aladin]=get_vento(xx,yy,dia,
ficheiro_vento);
%FIM CALCULA E GRAVA VENTO IPMA

latlon1=[yy xx];

[lat_str long_str]=str_deg(latlon1(1), latlon1(2));

d_table={lat_str long_str '-' '-' h_str };
set(handles.uitable_dados,'data', d_table);

%*****| CALCULAR DERIVA |*****
%*****|*****
allItems = get(handles.popup_dt,'string');
selectedIndex = get(handles.popup_dt,'Value');
dt= str2double(allItems{selectedIndex});

allItems = get(handles.popup_int,'string');
selectedIndex = get(handles.popup_int,'Value');
intervalo= str2double(allItems{selectedIndex})/60; %intervalo de tempo
em horas

dif_dt_h=dt-(str2double(get(handles.txtbox_h,
'string'))+str2double(get(handles.txtbox_min,
'string'))/60);%Diferença entre a hora do DATUM pretendida e hora da
LKP
size_aladin=size(data_string,1);%número de vetores de vento
nr_voltas=dt/intervalo;

sc_dir=str2double(get(handles.txtbox_sc_dir, 'string'));
sc_vel=str2double(get(handles.txtbox_sc_vel, 'string'));
tc_dir=str2double(get(handles.txtbox_tc_dir, 'string'));
tc_vel=str2double(get(handles.txtbox_tc_vel, 'string'));

TC=[tc_dir tc_vel];
SC=[sc_dir sc_vel];
WIND=[dir_aladin,intens_aladin'];

switch (hora)
case num2cell(0:3)
ind=1;%Vento das 0001
case num2cell(4:8)
ind=2;%Vento das 0600
case num2cell(9:14)
ind=3;%Vento das 1200
case num2cell(15:20)
ind=4;%Vento das 1800
otherwise
ind=5;%Vento das 0001 dia seguinte

```

```

end

[DATUM1,DATUM2]=calcula_deriva( latlonl, intervalo, WIND(ind,:), TC,
SC, obj);

str_int=' 2';

h=textm(double(DATUM1(1)),double(DATUM1(2)),100,str_int);set(h,'tag','
ponto','fontsize',8,'color','w');

h1=textm(double(DATUM2(1)),double(DATUM2(2)),100,str_int);set(h1,'tag'
,'ponto','fontsize',8,'color','w');

h3=plotm(DATUM1(1),DATUM1(2),100,'+r');set(h3,'tag','cruz','Color','gr
een');
h4=plotm(DATUM2(1),DATUM2(2),100,'+r');set(h4,'tag','cruz');

set(h,'tag',' rmp');
set(h1,'tag',' rmp');
set(h3,'tag',' rmp');
set(h4,'tag',' rmp');

latlonr=DATUM1;
latlonl=DATUM2;

D1=latlonr;
D2=latlonl;

[lat_d1_str long_d1_str]=str_deg(latlonr(1), latlonr(2));
[lat_d2_str long_d2_str]=str_deg(latlonl(1), latlonl(2));
str_volta=strcat(' '+num2str(intervalo*60),'min');
d_table={lat_d1_str long_d1_str lat_d2_str long_d2_str str_volta
};

oldData = get(handles.uitable_dados,'Data');
newData = [oldData; d_table];

set(handles.uitable_dados,'data', newData);

%CALCULAR O ERRO
ASWe=0.3; %Rever com tipo de observação METOC
LWe=0.1; %Rever com tipo de observação METOC
WCe=0.3; %Rever com tipo de observação METOC
if SC ~= 0
    SCe=0.3; %Rever com tipo de observação METOC
else
    SCe=0;
end
TWCe= sqrt((SCe^2)+(WCe^2));
DVe=sqrt((ASWe^2)+(TWCe^2)+(LWe^2));
De=DVe*dt;
%FIM CALCULAR O ERRO

%*****| CALCULA PARA DATUM1 |*****
%*****
hora2=hora;
conta_dias=1;

```



```

for i=2:nr_voltas

    hora2=hora2+intervalo;

    if hora2 ==(24*conta_dias)
        hora_dia=hora2 -(24*conta_dias);
        conta_dias=conta_dias +1;
    else
        hora_dia=hora2;
    end

    hora_dia=round(hora_dia);

    switch (hora_dia)
        case num2cell(0:3)
            indicador=1+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 0001
        case num2cell(4:8)
            indicador=2+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 0600
        case num2cell(9:14)
            indicador=3+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 1200
        case num2cell(15:20)
            indicador=4+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 1800
        case num2cell(21:24)
            indicador=5+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 0001
    dia seguinte
    end

    %CALCULA E GRAVA VENTO IPMA
    [data_string,intens_aladin,dir_aladin]=get_vento(latlonr(2),latlonr(1)
    ,dia, ficheiro_vento);
    %FIM CALCULA E GRAVA VENTO IPMA

    WIND=[dir_aladin',intens_aladin'];

    [DATUM1, ~]=calcula_deriva( latlonr, intervalo, WIND(indicador,:),
    TC, SC, obj);

    if i==nr_voltas
        ident=num2str(dt);
        str_int=strcat('    ',ident,'H');

        h=textm(double(DATUM1(1)),double(DATUM1(2)),100,str_int);set(h,'tag','
        ponto','fontsize',8,'color','w');

        h1=plotm(DATUM1(1),DATUM1(2),100,'+m');set(h1,'tag','ponto1','markersi
        ze',6);
        else
            str_int=strcat('    ',num2str(i+1));

            h=textm(double(DATUM1(1)),double(DATUM1(2)),100,str_int);set(h,'tag','
            ponto','fontsize',8,'color','w');

            h1=plotm(DATUM1(1),DATUM1(2),100,'+r');set(h1,'tag','cruz','Color','gr
            een');

```

```

end

latlonr=DATUM1;
D1(i,:)=latlonr; %VERIFICAÇÃO DE DATUM
set(h,'tag','rmp');
set(h1,'tag','rmp');

end
%*****| FIM CALCULA PARA DATUM1
| *****
%*****
*

%*****| CALCULA PARA DATUM2
| *****
%*****
*

hora2=hora;
conta_dias=1;

for i=2:nr_voltas

    hora2=hora2+intervalo;

    if hora2 ==(24*conta_dias)
        hora_dia=hora2 -(24*conta_dias);
        conta_dias=conta_dias +1;
    else
        hora_dia=hora2;
    end

    hora_dia=round(hora_dia);

    switch (hora_dia)
        case num2cell(0:3)
            indicador=1+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 0001
        case num2cell(4:8)
            indicador=2+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 0600
        case num2cell(9:14)
            indicador=3+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 1200
        case num2cell(15:20)
            indicador=4+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 1800
        case num2cell(21:24)
            indicador=5+(5*(conta_dias-1))-(conta_dias-1);%Vento das 0001
    dia seguinte
    end

    %CALCULA E GRAVA VENTO IPMA
    ficheiro_vento=getappdata(gcf,'var_metoc');
    [data_string,intens_aladin,dir_aladin]=get_vento(DATUM2(2),DATUM2(1),dia, ficheiro_vento);
    %FIM CALCULA E GRAVA VENTO IPMA

    WIND=[dir_aladin',intens_aladin'];

    [~, DATUM2]=calcula_deriva( latlon1, intervalo, WIND(indicador,:),
    TC, SC, obj);

```

```

        if i==nr_voltas
            ident=num2str(dt);
            str_int=strcat('    '+ident,'H');

h=textm(double(DATUM2(1)),double(DATUM2(2)),100,str_int);set(h,'tag','ponto','fontsize',8,'color','w');

h1=plotm(DATUM2(1),DATUM2(2),100,'+m');set(h1,'tag','ponto1','markersize',6);
        else

            str_int=strcat('    ',num2str(i+1));

h=textm(double(DATUM2(1)),double(DATUM2(2)),100,str_int);set(h,'tag','ponto','fontsize',8,'color','w');
            h1=plotm(DATUM2(1),DATUM2(2),100,'+r');set(h1,'tag','cruz');
            end

            latlon1=DATUM2;
            D2(i,:)=latlon1; %VERIFICAÇÃO DE DATUM

            set(h,'tag','rmp');
            set(h1,'tag','rmp');
        end
%*****| FIM CALCULA PARA DATUM2 |*****
%*****

[d1nm1 d2nm1]=lldistnm(latlon1,DATUM1);
[d1nm2 d2nm2]=lldistnm(latlon1,DATUM2);
set(handles.txtbox_hav1,'String',strcat(num2str(d1nm1),'NM'));
%harversine distance
set(handles.txtbox_pit1,'String',strcat(num2str(d2nm1),'NM'));
%pitagoras
set(handles.txtbox_hav2,'String',strcat(num2str(d1nm2),'NM'));
%harversine distance
set(handles.txtbox_pit2,'String',strcat(num2str(d2nm2),'NM'));
%pitagoras

%AREA DE ERRO
t = 0:pi/100:2*pi;
r = De/60;
xunit1 = r * cos(t) + D1(nr_voltas,1);
yunit1 = r * sin(t) + D1(nr_voltas,2);
xunit2 = r * cos(t) + D2(nr_voltas,1);
yunit2 = r * sin(t) + D2(nr_voltas,2);
h3= fillm(xunit1,yunit1,'r');
h4= fillm(xunit2,yunit2,'r');
set(h3,'FaceColor',[0.7 0.8 1],'EdgeColor',[0.7 0.8 1], 'tag', 'rmp');
set(h4,'FaceColor',[0.7 0.8 1],'EdgeColor',[0.7 0.8 1], 'tag', 'rmp');
h1 = plotm(xunit1, yunit1, 'r:');
h2 = plotm(xunit2, yunit2, 'r:');
set(h1, 'tag', 'rmp');
set(h2, 'tag', 'rmp');
%FIM AREA DE ERRO

```

```

%:::::::::::::::::::: DADOS NA TABELA
::::::::::::::::::::
for i=2:nr_voltas
    [lat_d1_str long_d1_str]=str_deg(D1(i,1), D1(i,2));
    [lat_d2_str long_d2_str]=str_deg(D2(i,1), D2(i,2));
    str_volta=strcat(' '+'',num2str(intervalo*60*i),'min');
    d_table={lat_d1_str long_d1_str lat_d2_str long_d2_str str_volta
};

    oldData = get(handles.uitable_dados,'Data');
    newData = [oldData; d_table];

    set(handles.uitable_dados,'data', newData);

    h= plotm([D1(i,1) D2(i,1)],[D1(i,2) D2(i,2)]); set (h, 'tag',
'rmp');

end

%:::::::::::::::::::: FIM DADOS NA TABELA ::::::::::::::::::::::

%*****| FIM CALCULA DERIVA |*****
%*****

```

### ***Get\_vento* – função para receber dados de vento da ferramenta “IAMSAR**

#### **Drift”**

```

function [data_string,intens_aladin,dir_aladin]=get_vento(xx,yy,dia,
ficheiro_vento)
%% M21511 v170803
%%
*****
%%
%
% Função para obter a direção e intensidade do vento dos ficheiros de
% vento IPMA.
% Dados de Entrada:
%     - xx - Longitude (negativa a Ocidente do Meridiano de GW)
%     - yy - Latitude (negativa a Sul do Equador)
%
%     Limites da malha -> 28°24'N - 46°36'N
%                       -> 037°00'W - 000°00'W
% Adaptado de Francisco Silva - Março de 2009 (Atualizado em verão de
2015)
%
%%
*****
*****

    data=datevec(dia);
    file_data=datestr(data,30);

    ano=file_data(:,1:4);
    mes=file_data(:,5:6);
    dia=file_data(:,7:8);

```

```

    load(ficheiro_vento); %Se não quisermos utilizar o dia selecionado
no programa fazer file=strcat('deriva_',ano,mes,dia,'.zip'); unzip e
load(file);

%% ALADIN
clc

k=1;

for i=1:13

    x(k)=interp2(lon_alad,lat_alad,wind_x_alad(:,:,i),xx,yy);
    y(k)=interp2(lon_alad,lat_alad,wind_y_alad(:,:,i),xx,yy);

    k=k+1;
end

[theta,rho] = cart2pol(x,y);

dir=theta*180/pi;
dir=270-dir;

for i=1:13
    if dir(i)<=0
        dir(i)=360+dir(i);
    elseif dir(i)>=360
        dir(i)=dir(i)-360;
    else
        dir(i)=dir(i);
    end
end

intensidade=rho*(3600/1852);

dir_aladin=dir;
intens_aladin=intensidade;

```

### ***Calcula\_deriva* – função para calcular *datums* da ferramenta “IAMSAR**

```

function [DATUM1,DATUM2] = calcula_deriva( lkp, delta, WIND, TC, SC,
obj ) %(Last Known Position, incremento, vento IPMA, Tidal Current,
Sea Current, Objeto de deriva)
%% Função de calculo de deriva
% M21511 v170803
%:.....LEEWAY:.....

LW=WIND;
if LW(1,1) < 180
    LW(1,1) = LW(1,1) +180;
else
    LW(1,1) = LW(1,1) -180;
end

```

```

%1-PIW
%2-PIW (Survival Suit)
%3-Shallow Ballast with drogue
%4-Shallow Ballast with no drogue
%5-Life capsule
%6-No ballast, canopy unknown, drogue unknown
%7-No Ballast, no canopy, no drogue
%8-Surfboard / Kayak
%9-Coastal freighter

```

```

switch (obj)
case 1
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(0.25/35);

    LWr=[LW(1,1)+20 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-20 LW(1,2)];
case 2
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(0.6/35);

    LWr=[LW(1,1)+30 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-30 LW(1,2)];
case 3
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(0.85/35);

    LWr=[LW(1,1)+20 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-20 LW(1,2)];
case 4
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(1.08/35);

    LWr=[LW(1,1)+20 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-20 LW(1,2)];
case 5
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(1.25/35);

    LWr=[LW(1,1)+20 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-20 LW(1,2)];
case 6
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(1.5/35);

    LWr=[LW(1,1)+30 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-30 LW(1,2)];
case 7
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(1.95/35);

    LWr=[LW(1,1)+25 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-25 LW(1,2)];
case 8
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(0.7/35);

    LWr=[LW(1,1)+15 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-15 LW(1,2)];
case 9
    LW(1,2)=WIND(1,2)*(1.05/35);

    LWr=[LW(1,1)+50 LW(1,2)];
    LWl=[LW(1,1)-50 LW(1,2)];
end

```

```

    if LWr(1,1)>=360
        LWr(1,1)=360-LWr(1,1);
    end
    if LWl(1,1)<0
        LWl(1,1)=360-LWl(1,1);
    end

%:.....FIM LEEWAY:.....

%:.....TOTAL WATER CURRENT:.....

% *****IAMSAR*****
% General rule: Sea currents derived from long-term seasonal
% averages taken over a wide area (e.g., currents taken from
% a pilot chart or atlas of surface currents) are most useful in
% areas that are well off shore. Currents from these sources
% generally should not be used when computing total water
% current in coastal waters, especially when the distance from
% the shore of a large land mass is less than 25 miles and the
% water depth is less than 300 feet (100 metres, 50 fathoms).
% If local and regional data on short-term coastal surface
% currents are available, or if such data are available from a
% validated computerized circulation model, these values
% should be used. If not, sea current should be ignored and
% TWC should be calculated using only the wind current (WC)
% and tidal current (TC).

WC(1,2)=(1.25/35)*WIND(1,2); %eq. da reta, mx. Vento -> Corrente
if WIND(1,1) < 180
    WC(1,1) = WIND(1,1) +180;
else
    WC(1,1) = WIND(1,1) -180;
end
if lkp(1,1)>10
    WC(1,1)= WC(1,1)+30; %APLICADO AO HEMISFÉRIO NORTE!
end
if lkp(1,1)<-10;
    WC(1,1)= WC(1,1)-30; %APLICADO AO HEMISFÉRIO SUL!
end

if SC(1,1)~=0
    dang=(WC(1,1)-SC(1,1))*pi/180; %diferença angular para radianos
    TWC(1,1)= SC(1,1) +
    (atan((WC(1,2)*sin(dang))/(SC(1,2)+WC(1,2)*cos(dang)))*180/pi);
    TWC(1,2)= sqrt((SC(1,2)^2)+(WC(1,2)^2)+2*SC(1,2)*WC(1,2)*cos(dang));
    if TWC(1,1) >= 360
        TWC(1,1) = TWC(1,1) - 360;
    end
else
    TWC=WC;
End

dang=(TC(1,1)-TWC(1,1))*pi/180; %diferença angular para radianos
TWC(1,1)= TWC(1,1) +
    (atan((TC(1,2)*sin(dang))/(TWC(1,2)+TC(1,2)*cos(dang)))*180/pi);
TWC(1,2)= sqrt((TWC(1,2)^2)+(TC(1,2)^2)+2*TWC(1,2)*TC(1,2)*cos(dang));

```

```

if TWC(1,1) >= 360
    TWC(1,1) = TWC(1,1) - 360;
end
%::::::::::::::::::::FIM TOTAL WATER CURRENT::::::::::::::::::::

%::::::::::::::::::::DRIFT::::::::::::::::::::
dang2=(LWr(1,1)-TWC(1,1))*pi/180; %diferença angular em radianos entre
TWC e LWr
dang3=(LWl(1,1)-TWC(1,1))*pi/180; %diferença angular em radianos entre
TWC e LWl
DRIFTr(1,1) = TWC(1,1) +
    (atan((LWr(1,2)*sin(dang2))/(TWC(1,2)+LWr(1,2)*cos(dang2)))*180/pi);
%Heading DRIFT Right
DRIFTr(1,2)=
    sqrt((TWC(1,2)^2)+(LWr(1,2)^2)+2*TWC(1,2)*LWr(1,2)*cos(dang2));
%Magnitude DRIFT Right

DRIFTl(1,1) = TWC(1,1) +
    (atan((LWl(1,2)*sin(dang3))/(TWC(1,2)+LWl(1,2)*cos(dang3)))*180/pi);
%Heading DRIFT Left
DRIFTl(1,2)=
    sqrt((TWC(1,2)^2)+(LWl(1,2)^2)+2*TWC(1,2)*LWl(1,2)*cos(dang3));
%Magnitude DRIFT Left

if DRIFTr(1,1)>=360
    DRIFTr(1,1)=360-DRIFTr(1,1);
end
if DRIFTl(1,1)<0
    DRIFTl(1,1)=360+DRIFTl(1,1);
end
%::::::::::::::::::::FIM DRIFT::::::::::::::::::::
%::::::::::::::::::::DATUM::::::::::::::::::::
%RAIO DA TERRA EM FUNÇÃO DA LATITUDE
r1=6378.137;
r2=6356.752;
R=sqrt((((r1^2)*cos(lkp(1,1)*pi/180))^2)+(((r2^2)*sin(lkp(1,1)*pi/180))^2))/((((r1*cos(lkp(1,1)*pi/180))^2)+(((r2*sin(lkp(1,1)*pi/180))^2))));
%FIM RAIO DA TERRA EM FUNÇÃO DA LATITUDE

distr=delta*DRIFTr(1,2)*1.852/R;
distl=delta*DRIFTl(1,2)*1.852/R;

DATUM1(1,1) = asin(sin(lkp(1,1)*pi/180)*cos(distr) +
    cos(lkp(1,1)*pi/180)*sin(distr)*cos(DRIFTr(1,1)*pi/180))*180/pi;
a = atan2(sin(DRIFTr(1,1)*pi/180)*sin(distr)*cos(lkp(1,1)*pi/180),
    cos(distr)-sin(lkp(1,1)*pi/180)*sin(DATUM1(1,1)*pi/180))*180/pi;
DATUM1(1,2) = lkp(1,2) + a;

DATUM2(1,1) = asin(sin(lkp(1,1)*pi/180)*cos(distl) +
    cos(lkp(1,1)*pi/180)*sin(distl)*cos(DRIFTl(1,1)*pi/180))*180/pi;
a = atan2(sin(DRIFTl(1,1)*pi/180)*sin(distl)*cos(lkp(1,1)*pi/180),
    cos(distl)-sin(lkp(1,1)*pi/180)*sin(DATUM2(1,1)*pi/180))*180/pi;
DATUM2(1,2) = lkp(1,2) + a;
%::::::::::::::::::::FIM DATUM::::::::::::::::::::
end

```